

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

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

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

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

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - http://cnum.cnam.fr](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](mailto:cnum(at)cnam.fr)

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

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

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

NOTICE DE LA GRANDE MONOGRAPHIE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	Exposition universelle. 1873. Vienne
Auteur(s)	Exposition universelle. 1873. Vienne
Auteur(s) secondaire(s)	Dompierre d'Hornoy, M. le vice-amiral ministre de la Marine et des colonies
Titre	Rapports de la délégation du Ministère de la Marine à l'exposition universelle de Vienne en 1873
Adresse	Paris : Arthus Bertrand, [1873]
Collation	2 vol. ([4]-164 p., pl. 22-102) ; 23, 32 cm
Nombre de volumes	2
Cote	CNAM-BIB Fol Xae 6
Sujet(s)	Exposition internationale (1873 ; Vienne) Industrie -- 19e siècle -- Congrès et conférences
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?8XA_FOL
LISTE DES VOLUMES	Rapports de la délégation du ministère de la Marine à l'exposition universelle de Vienne en 1873
	Rapports de la délégation du Ministère de la Marine à l'exposition universelle de Vienne en 1873

NOTICE DU VOLUME	
Auteur(s) volume	Exposition universelle. 1873. Vienne
Auteur(s) secondaire(s) volume	Dompierre d'Hornoy, M. le vice-amiral ministre de la Marine et des colonies
Titre	Rapports de la délégation du Ministère de la Marine à l'exposition universelle de Vienne en 1873
Volume	Rapports de la délégation du ministère de la Marine à l'exposition universelle de Vienne en 1873
Adresse	Paris : Arthus Bertrand, [187?]
Collation	1 vol. ([4]-164 p.) ; 23 cm
Nombre de vues	172
Cote	CNAM-BIB 8 Xae 188
Sujet(s)	Exposition internationale (1873 ; Vienne) Industrie -- 19e siècle -- Congrès et conférences
Thématique(s)	Expositions universelles Machines & instrumentation scientifique Transports
Typologie	Ouvrage
Langue	Français
Date de mise en ligne	15/12/2020
Date de génération du PDF	24/02/2022
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?8XAE188

Fonte 3 = 88.
Fonte 6 = 6.

(

8^o Xav 188

RAPPORTS

DE LA DÉLÉGATION

DU MINISTÈRE DE LA MARINE

A

L'EXPOSITION UNIVERSELLE

DE VIENNE EN 1873

PUBLICATION AUTORISÉE

par M. le vice-amiral Ministre de la marine et des colonies

DE DOMPIERRE D'HORNOY

ACCOMPAGNÉ D'UN ATLAS RENFERMANT 80 PLANCHES IN-FOLIO



PARIS

ARTHUS BERTRAND, ÉDITEUR,

LIBRAIRIE MARITIME ET SCIENTIFIQUE,

LIBRAIRE DE LA SOCIÉTÉ CENTRALE DE SAUVETAGE

21, rue Hautefeuille.

Paris. — Imprimerie ARNOUS DE RIVIÈRE et C^r, rue Racine, 26.

AVIS DE L'ÉDITEUR.

Par ordre du Ministre de la marine, une commission spéciale, présidée par M. le contre-amiral Lefebvre, a été déléguée à l'Exposition universelle de Vienne, à l'effet d'y étudier tout ce qui pourrait intéresser son département.

Le Ministre ayant bien voulu nous autoriser à publier quelques-uns des rapports de cette commission, nous avons choisi ceux qui nous ont paru s'adresser au plus grand nombre de lecteurs, et nous en avons formé le présent recueil; ils traitent les sujets suivants :

Injecteurs Giffard. — Chaudières à vapeur. — Marteaux-Pilons. — Modérateurs à force centrifuge. — Pompes à vapeur. — Outils à bois. — Outils à métaux.

Par **M. MADAMET**, s.-Ingénieur de la marine.

RAPPORTS
DE LA
COMMISSION DE LA MARINE
SUR LES
MACHINES A VAPEUR
A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE VIENNE

INJECTEURS GIFFARD
ET APPAREILS QUI EN DÉRIVENT

Par M. MADAMET, Ingénieur de la marine.

L'Exposition renferme un grand nombre d'injecteurs Giffard présentant des dispositions de détail très-diverses et ayant tous pour but de remédier aux inconvénients bien connus du système primitif imaginé par l'inventeur de cet instrument. Tout le monde sait en effet que le premier Giffard est d'une manœuvre assez compliquée; pour le mettre en marche, il faut ouvrir dans un ordre déterminé et de quantités qui ne sont pas arbitraires un certain nombre de robinets ou manœuvrer plusieurs manivelles, et comme, en outre, ces ouvertures doivent varier avec la pression qui existe à la chaudière, on est difficilement sûr, même avec un mécanicien soigneux, de voir l'opération réussir du premier coup. Il arrive aussi parfois qu'étant en fonctionnement, l'injecteur se désamorce sans

1

cause apparente, et alors on est forcé de recommencer la série des opérations nécessaires pour la mise en marche.

Une partie de ces inconvénients provient de l'impossibilité qu'on éprouve à maintenir étanche la garniture qui, dans le Giffard primitif, sépare la chambre d'eau de la chambre de vapeur et dont le bon état est indispensable pour que le fonctionnement de l'instrument soit certain; aussi cette garniture est-elle supprimée dans tous les Giffards exposés; en outre, la plus grande partie d'entre eux n'ont besoin que d'une manœuvre unique pour être amorcés, et, dans ceux qui en exigent deux, on a eu soin de les rendre aussi simples et aussi assurées que possible.

Pour satisfaire le plus simplement et le mieux possible à toutes les conditions d'un bon fonctionnement, la plupart des fabricants ont adopté, chacun, plusieurs dispositifs répondant à des besoins différents et spécialement disposés pour le service que ces appareils sont appelés à faire. Sous ce rapport, on peut classer les injecteurs exposés en trois classes :

1° Injecteurs aspirants, pouvant fonctionner avec des pressions très-variables à la chaudière;

2° Injecteurs non aspirants, s'accommodant comme les précédents de pressions très-variables;

3° Injecteurs non aspirants, exigeant pour bien marcher que la pression à la chaudière ne varie pas dans des limites très-étendues.

Il est à remarquer que, dans la plupart des cas, rien n'est plus facile que de placer le Giffard au-dessous du niveau du réservoir d'alimentation; c'est en particulier ce qui a lieu dans les locomotives. Dans nos arsenaux et à bord de nos canots à vapeur, la même chose existe en général parce que l'ancien Giffard est alors d'un maniement plus sûr, et qu'en agissant ainsi, on a cherché à faciliter son amorçage; il y aurait donc lieu, suivant nous, de profiter de la simplification qu'on peut dans ce cas, comme nous le verrons bientôt, introduire dans son mécanisme. Quant à la pression à la chaudière, il est évidemment indispensable qu'elle puisse varier dans de trèsgrandes limites sans s'opposer au jeu de l'appareil, et par suite la troisième catégorie d'injecteurs ne nous paraît pas présenter d'intérêt sérieux.

Nous allons examiner maintenant les principaux dispositifs que l'on remarque à l'Exposition.

Injecteurs Sharp et Stewart. — Ces injecteurs sont représentés par les *fig. 1, 2 et 3* (Pl. 22) et correspondent aux trois classes dont nous venons de parler. Dans le n° 1 (*fig. 1*), la tuyère B est fixe ; à son intérieur se meut l'aiguille A au moyen de la roue E de façon à faire varier à volonté le débit de la vapeur. La cheminée C est également mobile ; elle se termine à ses deux extrémités par deux parties, cylindriques extérieurement, qui glissent à frottement doux dans l'intérieur de l'ajutage divergent D et de la pièce fixe K. En agissant sur la roue H on déplace la cheminée et par suite on règle à volonté la quantité d'eau affluente ; enfin l'appareil est complété par la soupape de retenue G.

Cet injecteur exige deux manœuvres ; mais il n'a aucune garniture intérieure, et malgré cela il est complètement impossible à la vapeur de pénétrer dans la chambre à eau autrement que par l'intérieur de la tuyère B et par suite de s'opposer au fonctionnement de l'instrument. Cet injecteur aspire, et peut marcher à des pressions très-variables. Comme il est facile de s'en assurer, l'injecteur ainsi construit présente de grandes analogies avec le dernier modèle de M. Flaud, actuellement adopté par la marine, et il est probable qu'il doit, comme lui, donner de bons résultats.

Le n° 2 (*fig. 2*) ne diffère du n° 1 que par la suppression de l'aiguille qui devient inutile dans ce cas, l'injecteur n'ayant plus à aspirer. L'arrivée d'eau se règle toujours, au moyen de la roue H. Cet appareil fonctionne à des pressions très-variables ; c'est celui dont on fait usage pour les locomotives et pour un grand nombre de machines. Si l'on veut s'en servir pour réchauffer l'eau contenue dans le réservoir d'alimentation, il suffit d'adapter un robinet sur le tuyau de trop-plein et de fermer celui-ci ; en ouvrant alors l'arrivée de la vapeur, celle-ci se précipite dans le réservoir et échauffe l'eau qu'il renferme. Ce dispositif est utile dans le cas où, par suite d'un stoppage un peu prolongé ou de toute autre circonstance, on est exposé à avoir à la chaudière un excès de pression qui soulèverait les soupapes de sûreté ; il vaut mieux alors évidemment employer

la vapeur de cette manière que de la laisser s'échapper dans l'atmosphère.

Si l'injecteur est placé comme dans le cas précédent au-dessous du réservoir alimentaire, et si, en outre, la pression au générateur n'est pas exposée à varier beaucoup, la manœuvre de la cheminée C devient inutile à son tour et l'on peut adopter le dispositif de la *fig. 3* qui est d'une simplicité extrême et ne présente aucune partie mobile; il faut avoir soin seulement de placer sur le tuyau d'arrivée d'eau un robinet que l'on ouvre plus ou moins suivant les légères variations que peut éprouver la pression à la chaudière.

Les inventeurs des autres injecteurs exposés ont cherché à s'affranchir, dans toutes les circonstances possibles, de la double manœuvre de manivelles ou de volants; quelques-uns d'entre eux y ont complètement réussi, et les autres n'ont, dans tous les cas, qu'une seule manœuvre dans l'injecteur lui-même, ce qui simplifie sa construction; la deuxième est, chez ces derniers, remplacée par celle d'un robinet comme dans le dernier injecteur que nous avons examiné.

Injecteur Schau.— L'injecteur Schau, construit par la maison Schaeffer et Budenberg de Buckau, près Magdebourg, est spécialement destiné aux locomotives; il est représenté par la *fig. 4* (Pl. 22) et ne se compose que de pièces fixes, tandis que l'injecteur Sharp, destiné au même service, renferme dans son intérieur une cheminée mobile. L'arrivée de l'eau se règle au moyen d'un robinet M placé sur l'orifice E; quant au robinet R, il est destiné à permettre au besoin le réchauffage de l'eau d'alimentation comme nous l'avons expliqué précédemment. Il est à remarquer que dans cet appareil l'eau froide pénètre dans la cheminée C au moyen de deux séries d'orifices S et K; c'est là une disposition qui paraît avoir quelques avantages et n'est que l'imitation d'un système général d'injecteurs dont nous parlerons plus loin.

D'après les renseignements qui nous ont été communiqués, cet appareil est en service sur un assez grand nombre de locomotives autrichiennes, et il y donne de bons résultats.

Injecteur Schaeffer. — L'injecteur Schaeffer, construit par la même maison que le précédent, est représenté par la *fig. 5* (Pl. 23). La cheminée C et l'aiguille A sont fixes, et c'est la

tuyère T qui est mobile; il suffit d'un demi-tour au plus du levier P pour régler à la fois l'admission de l'eau et de la vapeur et amorcer ainsi l'instrument; pour cela l'une des extrémités de la tuyère T est filetée et s'engage dans un pas de vis N. Supposons par exemple la tuyère rendue à bout de course et appliquée contre l'aiguille A; il suffit de tourner la poignée P dans un sens convenable pour déplacer longitudinalement la tuyère suivant la flèche f; on augmente ainsi le passage de vapeur, et l'on diminue en même temps celui de l'eau; il doit donc arriver un moment où ces deux fluides se trouvent dans les proportions voulues pour que l'injecteur fonctionne, et par suite ce dernier s'amorcera à ce moment.

Pour éviter qu'en fermant avec la poignée P l'arrivée de vapeur on ne fende la tuyère (ce qui arrive parfois avec les injecteurs des autres systèmes), l'aiguille A peut subir un petit mouvement de recul en comprimant le ressort X et elle revient ensuite à sa position première dans le mouvement inverse de la tuyère. Cette précaution paraît être d'une utilité réelle, et il conviendrait peut-être de la prendre dans tous les injecteurs. Dans ceux où la disposition ci-dessus n'est pas applicable, on pourrait faire usage de celle de Sellers, qui, dans l'injecteur de son invention, a employé une aiguille dont l'extrémité seule est conique, et qui, sur tout le restant de sa longueur, est cylindrique.

Dans l'appareil Schaeffer les chambres d'eau et de vapeur sont parfaitement séparées; les deux presse-étoupes F et F' peuvent fuir sans gêner en rien le fonctionnement de l'instrument; comme ils sont d'ailleurs accessibles du dehors, il est facile de les maintenir en bon état.

L'injecteur qui nous occupe est, d'après ce que nous venons de voir, d'une manœuvre extrêmement simple qui s'opère toujours avec la même facilité quelle que soit la pression de la vapeur à la chaudière; il possède en outre l'avantage d'aspirer. Sa construction est loin d'être récente en Allemagne, et il paraît y avoir donné de bons résultats. Il est d'ailleurs construit avec beaucoup de soin et de précision ainsi que tous les autres objets (manomètres, indicateurs Richard, robinets, etc.) exposés par la même maison.

Injecteur Ferrero. — M. Ferrero, inspecteur de la voie

ferrée romaine à Naples, expose un dessin d'injecteur qui fonctionne identiquement de la même manière que le précédent. L'aiguille A (*fig. 6, Pl. 23*) et la cheminée C sont fixes; c'est la tuyère T qui, en se déplaçant longitudinalement, règle le jeu de l'instrument. Dans le cas actuel ce déplacement est obtenu au moyen de la vis V, qui est mue par la roue S, et dont les filets s'engagent dans un engrenage oblique placé à l'extrémité inférieure de la partie cylindrique de la tuyère. D'après ce que nous avons dit précédemment, on comprend de suite comment fonctionne cet appareil.

Injecteur hollandais. — La Hollande expose également un injecteur à une seule manœuvre dont l'extérieur seul est visible. Nous n'avons pu nous procurer aucun renseignement sur son mécanisme intérieur. C'est au moyen d'un levier dont l'axe est perpendiculaire à celui de l'injecteur, et qui est placé près de l'arrivée de vapeur, que s'opère la manœuvre en question.

A côté de cet injecteur se trouve également exposé un autre du même pays, et à deux mouvements comme le Giffard primitif.

Injecteur Dickson. — Dans l'exposition anglaise on remarque un injecteur à une seule manœuvre dont la disposition est très-simple et très-ingénieuse. L'aiguille A (*fig. 7, Pl. 23*) est creuse et elle est fixée invariablement à la tuyère T; celle-ci porte à sa partie supérieure une soupape S qui s'applique sur le siège RR'; sa partie cylindrique est filetée et s'engage dans un filet de vis pratiqué à l'intérieur de la pièce fixe K. La cheminée C est fixe. Voici comment s'opère la manœuvre de l'appareil. Dès qu'on ouvre le robinet de prise de vapeur, celle-ci pénètre par les orifices X dans l'intérieur de l'aiguille et purge l'appareil de l'air qu'il contient; l'eau d'alimentation est alors aspirée et elle s'écoule avec la vapeur condensée par le tuyau de trop-plein. On manœuvre alors la roue M au moyen de la poignée P; ce mouvement a pour résultat de faire mouvoir longitudinalement la tuyère, et par suite il a pour double effet de diminuer le passage de l'eau froide affluente et d'augmenter celui de la vapeur qui trouve une nouvelle issue par la soupape S ainsi entr'ouverte. En continuant à tourner la poignée P, il doit arriver, comme pour les appareils précédents, un moment où l'injecteur s'amorce.

Rien n'est plus simple, comme on le voit, que la manœuvre de cet injecteur. Le dispositif employé pour purger automatiquement l'appareil (le même que celui de l'injecteur Sellers) mérite d'être adopté toutes les fois que c'est possible. Le seul point qui paraisse délicat dans la construction de cet injecteur est celui de la partie filetée, qui a besoin d'être parfaitement étanche afin que la chambre d'eau et celle de vapeur soient complètement séparées l'une de l'autre. La longueur adoptée pour cette partie semble assurer ce résultat.

Injecteurs Friedmann. — Il ne nous reste plus à parler maintenant que des appareils imaginés par un industriel de Vienne, M. Friedmann, et présentant un assez grand nombre de catégories distinctes appropriées chacune à un service particulier. Plusieurs de ces catégories ne présentent entre elles que des différences insignifiantes, mais toutes ont un dispositif commun imaginé par M. Friedmann et qui consiste à diviser en plusieurs tronçons la veine d'eau aspirée. La jonction de cette eau avec la vapeur, au lieu de s'opérer d'un seul bloc, comme dans les appareils ordinaires, a lieu successivement par une série d'orifices annulaires placés à la suite les uns des autres sur le parcours de la vapeur qui arrive toujours en un jet unique par le centre; le nombre de ces tronçons augmente d'ailleurs avec les dimensions de l'injecteur, c'est-à-dire avec le volume d'eau à aspirer. L'inventeur prétend faciliter de cette manière l'entraînement de l'eau ainsi que la condensation de la vapeur, et par suite assurer beaucoup mieux la mise en marche et le fonctionnement de ses instruments. Quelle que soit l'opinion qu'on puisse avoir sur le plus ou moins d'efficacité de ce dispositif, on ne peut s'empêcher de reconnaître que les injecteurs Friedmann jouissent en Autriche d'une vogue incontestée qui ne s'est pas démentie depuis plusieurs années et qui paraît d'ailleurs justifiée; on nous a affirmé à Vienne que de tous les injecteurs essayés par la compagnie des chemins de fer du Nord, c'était celui de M. Friedmann qui avait donné les meilleurs résultats. Les principaux types de ces injecteurs sont les suivants :

1° *Injecteur pour locomotives.* — Cet injecteur n'aspire pas, aussi est-il toujours placé au-dessous du niveau de l'eau du tender, ce qui n'offre aucune difficulté. Comme on le voit sur la

fig. 8 (Pl. 24), il ne présente dans son intérieur aucune partie mobile. La vapeur pénètre dans l'appareil par l'intérieur de la tuyère T, tandis que l'eau arrive par les deux orifices annulaires MM', NN' séparés l'un de l'autre par la pièce intercalaire KK' rapportée à l'intérieur de l'instrument. En U se trouve le robinet de trop-plein représenté à part sur une plus grande échelle (*fig. 10*). En G est la soupape de retenue, et en S un robinet destiné à vider complètement l'appareil de l'eau qu'il contient afin de le mettre à l'abri de la gelée. L'arrivée de l'eau froide se règle au moyen du robinet R qui, au moyen d'une tige verticale, se manœuvre ainsi que le robinet de trop-plein U de la plate-forme de chauffe.

Le robinet R est maintenu constamment ouvert, tandis que le robinet de prise de vapeur (placé contre la chaudière) et le robinet de trop-plein sont fermés pendant les stoppages. Pour mettre en marche, on ouvre en grand d'abord le robinet de trop-plein, puis celui de vapeur (ce dernier doucement); l'appareil se purge alors d'air et, au bout de quelques instants, on voit l'eau s'échapper en abondance par le tuyau de trop-plein. On diminue alors lentement l'ouverture du robinet R et l'injecteur s'amorce. Si la pression de la vapeur varie peu à la chaudière, on laisse ce robinet ouvert toujours de la même quantité, et l'appareil s'amorce alors immédiatement dès que la prise de vapeur est ouverte en grand.

Pour réchauffer l'eau du tender, il suffit, comme pour les appareils analogues, de fermer le trop-plein et d'ouvrir l'arrivée de vapeur.

2° Injecteur pour machines à terre et machines marines. — Le dispositif de cet injecteur est tout à fait analogue au fond à celui que nous venons d'examiner; il en diffère seulement par la forme. L'arrivée de la vapeur est réglée par la soupape X (*fig. 11*, Pl. 25) et celle de l'eau par le robinet R. Si les dimensions de la chaudière sont grandes, on fait pénétrer l'eau dans l'injecteur par trois orifices annulaires MM', NN', PP' obtenus au moyen de deux pièces rapportées KK', K₁K₁'. Pour des dimensions moindres, deux orifices seulement (*fig. 12*) sont suffisants comme pour les locomotives.

La seule différence que présente cet appareil avec le précédent consiste dans la présence de la soupape automotrice U placée

sur le tuyau de trop-plein. Elle n'empêche pas le trop-plein de fonctionner, et elle s'oppose néanmoins à la rentrée de l'air extérieur dans la chaudière, comme cela se présente souvent, au grand détriment du vide au condenseur, quand la température de l'eau d'alimentation n'est pas très élevée. Il y aurait lieu évidemment d'adopter ce dispositif pour tous les injecteurs placés sur des machines à condensation; il est à remarquer d'ailleurs que sur l'injecteur Sellers on trouve un agencement de soupapes produisant exactement le même effet.

La mise en marche de cet injecteur est très simple; elle consiste à purger d'abord le tuyau de vapeur Y de l'eau de condensation qu'il contient, soit au moyen d'un tuyau de purge spécial, soit avec l'injecteur lui-même en ouvrant quelques instants la soupape X. On ouvre alors en grand le robinet d'eau R, puis également en grand la soupape d'arrivée de vapeur X; on voit alors l'eau aspirée sortir en abondance par le tuyau de trop-plein, et pour amorcer l'instrument il ne reste plus qu'à diminuer lentement l'ouverture du robinet d'eau R.

Cet injecteur n'aspire pas; il faut donc le placer en contrebas du réservoir d'alimentation, ce qui est en général facile.

3° *Injecteur aspirant.* — Dans le cas où il est impossible de placer l'injecteur dans la position que nous venons d'indiquer, M. Friedmann fait usage de l'appareil représenté par la *fig. 13* (Pl. 26), et portant dans son axe une aiguille A manœuvrée par la poignée V. L'eau aspirée pénètre toujours dans l'instrument par plusieurs orifices annulaires, et son arrivée se règle au moyen du robinet R. Le clapet S placé sur le tuyau de trop-plein remplit le même office que la soupape U de la *fig. 11*.

L'instrument se met en marche de la manière suivante: le robinet R étant ouvert en grand, on fait tourner la manivelle V d'une quantité variable suivant la pression à la chaudière; l'appareil se purge d'air et, quand l'eau sort en abondance par le tuyau de trop-plein, on ouvre peu à peu l'aiguille A jusqu'à ce que l'écoulement cesse. Si après l'ouverture entière de la tuyère, l'écoulement continue, on diminue lentement l'ouverture du robinet R jusqu'à ce que l'amorçage ait lieu.

Comme on le voit, cette manœuvre est exactement la même que celle de l'ancien Giffard, il paraît seulement qu'elle est beaucoup moins sujette à manquer, ce qui n'a rien d'étonnant

eu égard à la séparation complète de la chambre d'eau et de celle de vapeur.

Ce dernier modèle d'injecteur Friedmann est peu employé; il est uniquement destiné à quelques locomobiles et à quelques navires à très-faible tirant d'eau, c'est-à-dire que son usage se borne aux cas peu nombreux où l'injecteur doit forcément se trouver plus élevé que le réservoir d'alimentation.

ÉJECTEUR FRIEDMANN.

Outre les injecteurs dont nous venons de parler, M. Friedmann expose un appareil auquel il donne le nom d'éjecteur et qui n'est autre chose qu'un Giffard appliqué à l'épuisement des eaux de la cale. Cette idée n'est pas nouvelle; elle est appliquée maintenant à bord de tous les canots à vapeur, et dès 1859 on avait installé à bord de l'*Aigle* un appareil de cette espèce dans lequel le tuyau d'arrivée de vapeur n'avait pas moins de 11 centimètres de diamètre; néanmoins l'éjecteur Friedmann mérite une mention spéciale, tant à cause de ses dispositions particulières que de la puissance considérable qu'ont les grands appareils de cet industriel. Les *fig. 14 et 15* de la Pl. 27 représentent deux installations différentes de cet instrument à bord d'un navire. Les orifices d'entrée de l'eau sont extrêmement multipliés à cause du volume d'eau considérable à mettre en mouvement. L'arrivée de vapeur se fait en *M*, et celle de l'eau en *P* à travers les orifices nombreux d'une crête. Le mélange d'eau aspirée et de vapeur condensée s'élève à travers le tuyau *S* et vient s'échapper en dehors par l'orifice *AB* situé au-dessus de la flottaison. Cet appareil ne peut aspirer qu'à une très-faible hauteur; il faut donc avoir le soin de le placer à fond de cale, ce qui n'a d'ailleurs aucun inconvénient, car il peut fonctionner étant complètement noyé. Pour le mettre en marche, il suffit d'ouvrir le robinet ou la soupape de prise de vapeur placés à la partie supérieure du tuyau *M*; cette seule et unique manœuvre suffit pour l'amorcer. Un clapet *L* qui se manœuvre à la main au moyen du levier *V* permet de débarrasser en quelques secondes la crête des saletés qui pourraient l'obstruer; il suffit pour cela de fermer le clapet *L* pendant quelques instants; la

vapeur venant de la chaudière s'échappe alors avec force par les trous de la crépine, et la nettoie complètement. Ces manœuvres se font avec la plus grande facilité sans qu'on ait besoin d'avoir accès à l'éjecteur lui-même.

D'après le constructeur, un appareil de cette espèce ayant un tuyau de prise de vapeur de 15 centimètres et un tuyau d'évacuation de 25 centimètres peut expulser 300 tonneaux d'eau par heure, à une hauteur de 5 mètres environ; la température de l'eau ne s'accroît que d'une dizaine de degrés par son passage dans l'éjecteur, et ce dernier peut encore fonctionner même lorsque la pression de la vapeur, n'étant plus que de $1/2$ atmosphère, serait insuffisante pour faire marcher les petits chevaux et les pompes de cale.

Nous pensons qu'en raison de ses dimensions restreintes et de sa facilité de manœuvre, l'éjecteur Friedmann pourrait être employé utilement comme appareil auxiliaire d'épuisement à bord d'un certain nombre de navires de la flotte. Il y aurait lieu d'ailleurs de l'installer (comme cela avait été proposé pour l'*Aigle*) de façon qu'il puisse absorber sans bruit l'excédant de vapeur qu'on laisse d'ordinaire s'échapper par les soupapes de sûreté; c'est là une disposition qui paraît indispensable pour un navire de guerre, et dont on pourrait faire avantageusement profiter les bâtiments de notre flotte.

L'éjecteur Friedmann est employé, nous a-t-on dit, par les marines de guerre de l'Autriche, de l'Italie et de la Russie.

CHAUDIÈRES A VAPEUR.

Par M. MADAMET, Ingénieur de la marine.

L'Exposition ne renferme ni un seul spécimen, ni un seul dessin de chaudière marine; en revanche, comme les appareils moteurs exposés par chaque pays sont mis en mouvement par des générateurs de la même nation, on voit fonctionner un grand nombre de chaudières pour machines fixes; toutes sont à haute pression. Quelques-unes d'entre elles appartiennent à des types bien connus, et ne présentent aucune particularité nouvelle: d'autres au contraire n'ont pas paru dans les expositions précédentes, et leurs dispositions de détail diffèrent assez sensiblement, en certains points, des types habituels. Nous allons passer en revue les différents générateurs, en les rangeant à peu près dans l'ordre même où ils sont placés derrière la galerie des machines, c'est-à-dire par nationalité.

Il nous a été possible de nous procurer soit des croquis, soit des dessins exacts d'une grande partie des générateurs exposés, mais malheureusement ces documents sont insuffisants pour apprécier le mérite réel d'une chaudière; il faudrait pouvoir y joindre le nombre de litres d'eau vaporisés par kilogramme de combustible; or aucune des expériences nécessaires pour cette détermination n'a été faite à l'Exposition. Les fabricants donnent bien, il est vrai, des procès-verbaux détaillés d'expériences constatant la vaporisation, et un certain nombre de ces comptes rendus paraissent dignes de foi; mais d'autre part il est certain que plusieurs des chiffres cités dans quelques-uns de ces rapports sont entachés d'exagération, bien qu'ils se rap-

portent à des générateurs dont on ne connaît pas le rendement exact; pour d'autres appareils enfin, sur lesquels on possède des données certaines, les résultats d'essais ont été groupés assez habilement pour faire illusion sur la valeur réelle des objets exposés; nous nous abstiendrons donc de citer aucun chiffre à cet égard.

Chaudière américaine de Pitkin. — Les États-Unis d'Amérique exposent une chaudière cylindrique de Pitkin; le cylindre unique est placé horizontalement, il porte à ses deux bouts deux plaques de tête dans lesquelles s'engagent les extrémités de tubes nombreux parallèles à l'axe de la chaudière. Le foyer est placé sous la partie avant du cylindre, et tout l'ensemble est compris dans un vaste massif de maçonnerie; les gaz chauds passent d'abord sous la chaudière, puis font retour par les tubes, et trouvent à l'extrémité avant de l'entourage en briques un carreau qui les conduit à la cheminée.

Cette chaudière ne présente absolument rien de nouveau comme on le voit; elle appartient à un type très-répandu dont les avantages sont bien connus.

Chaudière anglaise de Galloway. — La chaudière exposée par Galloway dans le type de Cornouailles modifié (Pl. 28) se compose d'une enveloppe cylindrique contenant, dans sa partie avant, deux carneaux également cylindriques où sont placés les deux foyers; immédiatement après la grille, ces deux carneaux se réunissent en un seul de forme elliptique qui se prolonge jusqu'à la plaque de tête arrière. Dans l'intérieur de ce dernier sont établis, sur trois rangées longitudinales, vingt-quatre tubes coniques Galloway qui l'entretoisent d'une manière extrêmement énergique; on comprend en effet qu'avec la forme adoptée et une pression de quatre atmosphères effectives, il ne tarderait pas à être écrasé, tandis qu'avec la disposition ci-dessus sa face supérieure et sa face inférieure présentent une rigidité à toute épreuve, et les deux portions latérales FGH, F'G'H' peuvent s'assimiler à deux demi-circonférences d'un petit rayon dont l'un des diamètres est rendu invariable, et offrent par conséquent une solidité très-convenable. Ces tubes ont en outre l'avantage de faciliter la circulation de l'eau et d'augmenter considérablement la surface de chauffe; leurs surfaces latérales ne portent pas de rivure, elles sont soudées et

les pinces qui se trouvent aux extrémités sont d'une même pièce avec le corps du tube; leur conicité est calculée de telle façon que le diamètre extérieur de la petite pince soit égal au diamètre intérieur de la grande, ce qui permet de les entrer par l'extérieur de la chaudière et facilite ainsi leur mise en place. Les deux carneaux contenant les foyers sont également soudés afin d'éviter les coups de feu.

Les gaz chauds produits sur les grilles passent dans le carneau elliptique où ils entourent la surface latérale des vingt-quatre tubes; là ils se bifurquent, sans qu'aucune précaution spéciale ait été prise pour assurer leur égal partage, retournent par deux conduits latéraux A vers l'extrémité avant, puis redescendent dans un carneau central B placé sous la chaudière et gagnent enfin la cheminée; on obtient ainsi par ces trajets multipliés une surface de chauffe totale, égale à quarante-cinq fois celle des grilles, ce qui est largement suffisant. Afin de mieux assurer le refroidissement des gaz chauds, le constructeur place sur les faces latérales du carneau elliptique six poches M, M', N, N', P, P' auxquelles il attache une grande importance et qui ont pour but d'empêcher le passage des gaz de se faire en très-grande partie par les deux portions V et V' de ce carneau situées de chaque côté des tubes et offrant en effet une résistance à l'écoulement beaucoup moins grande que la partie centrale.

Comme on le voit par ce qui précède, cette chaudière est bien entendue; ses formes lui permettent de résister facilement à la pression de quatre atmosphères effectives environ, qu'elle est appelée à supporter; les deux faces planes des extrémités de l'enveloppe sont solidement reliées par l'ensemble du carneau elliptique et des foyers dont la partie supérieure et la partie inférieure, étant rectilignes d'un bout à l'autre, font l'effet de tirants énergiques; pour plus de sécurité, six équerres en tôle sont adaptées entre chacun des fonds plats en question et les relient à l'enveloppe extérieure.

L'alimentation se fait à la partie inférieure avant de l'enveloppe, près du trou de vidange et de nettoyage V.

Les chaudières Galloway sont très-répandues depuis long-temps en Angleterre; elles paraissent y donner de bons résultats malgré les difficultés de nettoyage, de visites et de réparations qui résultent de la multiplicité des tubes et de la présence

des six poches latérales. Elles semblent d'ailleurs constituer maintenant un type définitif dont ne s'écartent plus les constructeurs; car les chaudières exposées par eux à Vienne sont exactement les mêmes que celles qu'on a vues figurer à Paris en 1867.

Chaudière anglaise d'Adamson. — M. Adamson expose également une chaudière cylindrique renfermant deux carreaux cylindriques qui règnent sur toute la longueur de la chaudière; ils contiennent deux foyers et sont formés de tronçons A, B, C (*fig. 5, Pl. 34*) placés à la suite les uns des autres; chacun de ces derniers porte une soudure longitudinale, et se termine par deux pinces extérieures rabattues aux dépens du tube lui-même; de cette façon la flamme ne se trouve jamais en contact avec une double épaisseur de tôle, et la chaudière est moins exposée à se brûler. Ces carreaux intérieurs sont munis de quelques tubes Galloway qui facilitent la circulation de l'eau et augmentent un peu la surface de chauffe; leur utilité comme entretoises paraît d'ailleurs à peu près inutile dans le cas actuel à cause de la présence des pinces qui donnent aux carreaux intérieurs une résistance suffisante pour résister à l'écrasement.

Tout l'ensemble est entouré d'un massif en maçonnerie disposé de telle façon que les gaz chauds, après avoir parcouru les tubes qui contiennent les foyers, reviennent à la face avant, en passant sous la chaudière, puis gagnent la cheminée située à la partie arrière en parcourant deux conduits latéraux. On obtient ainsi une surface de chauffe qui est très-suffisante.

La construction des tronçons de carreaux soudés longitudinalement et munis de pinces faisant corps avec eux se pratique depuis 1852 dans l'usine de M. Adamson; pour montrer l'excellence de ses produits, ce constructeur expose à part une portion de carreau munie d'un tube Galloway dont les deux pinces sont, non pas rivées, mais soudées avec lui; cette fabrication est, paraît-il, courante, chez cet industriel, mais nous n'avons pu obtenir aucun renseignement de détail à son sujet.

Chaudière anglaise de Howard. — La chaudière de M. Howard, représentée par les *fig. 1, 2, 3, 4, 5 et 6* de la *Pl. 29*, se compose d'une série de tubes en fer forgé ayant 229 millimètres de diamètre extérieur et 6^{mm} 1/2 d'épaisseur; leur longueur est

de 3^m,80. Ils sont répartis en quatre groupes composés chacun de cinq tubes **T** compris dans un même plan vertical; le nombre de ces groupes et celui des tubes qui les constituent varient d'ailleurs suivant la puissance du générateur. Après avoir placé autrefois ses tubes verticalement, M. Howard paraît avoir adopté définitivement la position inclinée qui est représentée dans la *fig. 1*. Les extrémités avant **A** des quatre tubes inférieurs aboutissent dans un tuyau commun d'alimentation **B** qui met ainsi tous les groupes en communication les uns avec les autres; les extrémités avant **C** de tous les autres sont libres au contraire et fermées par des bouchons **D**. A l'arrière, les cinq tubes de chaque groupe débouchent dans un tuyau collecteur commun **E** également en fer forgé situé dans le même plan qu'eux et perpendiculaire à leur direction. Afin de faciliter la circulation de l'eau qui, sans cela, serait d'ailleurs à peu près impossible dans cet appareil, on place dans l'intérieur de chaque tube incliné **T** un autre tube **K** (*fig. 4 et 5*) ouvert aux deux bouts, et destiné à produire à peu près le même effet que le dispositif analogue placé sur les chaudières Field. A l'endroit où ces tubes intérieurs aboutissent dans les tuyaux **E**, on place un petit écran **K'** qui, d'après l'inventeur, facilite la formation des courants. Enfin au-dessus de la chaudière on remarque un coffre à vapeur cylindrique **G** qui communique avec les tubes **E** et a pour effet de diminuer les irrégularités d'allure auxquelles est sujet un générateur de cette espèce.

Le foyer est situé sous la chaudière; au moyen d'écrans **L** convenablement disposés, on force la flamme à se répartir à peu près régulièrement sur tous les tubes, avant qu'elle n'arrive à la cheminée. Le niveau de l'eau est maintenu assez élevé; il est situé peu au-dessous de la rangée supérieure.

Les *fig. 4, 5 et 6* représentent les dispositions adoptées pour l'agencement des diverses parties de l'appareil entre elles: chaque tube incliné **T** est réuni au tube perpendiculaire **E** au moyen d'un manchon à vis **M** d'un diamètre plus petit et fileté en sens inverse à ses deux bouts. Les extrémités **C** portent également un manchon à vis **R** muni d'une pince sur laquelle se fixe, au moyen de boulons, le bouchon conique **D**. La réunion du tuyau d'alimentation **B** aux extrémités des tubes inférieurs se fait d'une manière analogue, qui est suffisamment

indiquée par la *fig. 5*. Grâce à ces dispositions, l'intérieur de tous les tubes est accessible de la partie avant de la chaudière, et leur visite peut se faire avec facilité et rapidité.

L'agencement que nous venons de décrire ne paraît pas présenter une sécurité absolue contre les explosions ; en effet, dans un générateur de ce genre, l'un des manchons à vis M (*fig. 4*) étant venu à manquer, la vapeur et l'eau bouillante entraînant avec elles les gaz chauds du foyer, ont fait irruption au dehors, ce qui a occasionné la mort de quatre hommes et donné lieu à des brûlures graves pour plusieurs autres. En raison de ces faits, M. Howard vient de consolider ses chaudières par l'addition de tirants V qui ont effectivement pour effet de relier plus énergiquement ensemble les tubes perpendiculaires T et E ; mais ce dispositif, qui devient alors assez compliqué, présente l'inconvénient de se composer de deux parties qui travaillent indépendamment l'une de l'autre et sont par suite inévitablement chargées de façons très-différentes ; il ne saurait donc remédier aux inconvénients signalés. Par ailleurs les chaudières Howard paraissent bien fonctionner ; un grand nombre d'entre elles sont en service en Angleterre, on les emploie en particulier pour utiliser la flamme qui s'échappe des fours à réchauffer ou à puddler. Le changement d'un tube se fait avec facilité et en très-peu de temps sans avoir besoin de démonter les tubes voisins. Quant à la pression de marche, elle est habituellement de 9 atmosphères effectives et peut s'élever à 12 1/2. Les essais à l'eau froide qui précèdent la mise en service se font, paraît-il, à plus de 30 atmosphères.

Chaudière anglaise de Sinclair. — Une chaudière d'un système analogue à celui de la précédente est celle de Sinclair qui est représentée dans la Pl. 30. On y retrouve des tubes en fer inclinés disposés par groupes situés dans des plans verticaux ; leur diamètre est de 10 centimètres dans le générateur exposé. A l'avant et à l'arrière chaque tube incliné T débouche dans des tubes E de 30 centimètres de diamètre qui établissent la communication entre toutes les parties de l'appareil. Le foyer est placé sous la chaudière, et les gaz chauds sont répartis sur tous les tubes au moyen d'écrans L. L'alimentation se fait par le bas en R ; deux grands réservoirs de vapeur D, placés au-dessus de la chaudière, communiquent avec les tubes verti-

caux E situés à l'arrière de chaque groupe, ainsi qu'avec deux autres gros cylindres S placés en dehors de la maçonnerie et contenant moitié eau, moitié vapeur. Tous les tubes inclinés dont nous avons parlé sont complètement remplis d'eau ; on remarque seulement au-dessus d'eux deux rangées horizontales de tubes P et Q qui ne contiennent que de la vapeur, et sur lesquelles on peut à volonté ne laisser passer que telle partie que l'on veut des gaz chauds de façon à avoir de la vapeur plus ou moins sèche ou même surchauffée.

L'agencement des diverses parties de cet appareil entre elles se fait d'une manière assez simple ; tout tube qui pénètre dans un autre est mandriné de façon que la pression qu'il supporte concourt un peu à produire l'étanchéité. Ce mandrinage ne présente aucune difficulté pour les tubes inclinés T à cause des ouvertures V ménagées en face de chacun d'eux dans les tubes perpendiculaires E ; mais pour certains joints tels que HH' et KK', on doit vraisemblablement être conduit à faire usage de mandrins en plusieurs pièces sur lesquels on exerce du dehors, au moyen d'une vis et d'un écrou, un effort énergique de traction ; ce mode d'opérer ne présente pas d'ailleurs de difficulté sérieuse. Quant aux ouvertures V, elles se ferment au moyen de bouchons coniques brevetés (fig. 3) dont la grande base est située à l'intérieur des tubes E, et que l'on force à faire joint en serrant les écrous X qui reposent sur les godets U. Par quel moyen introduit-on ces bouchons dans les tubes E ? Est-ce par l'une des extrémités de ces derniers avant de commencer l'assemblage de tout l'appareil ? Fait-on au contraire usage de bouchons coniques en deux pièces que la traction de l'écrou ainsi que la pression de la vapeur appuient l'une contre l'autre en même temps qu'elles leur font faire joint avec le tube E ? C'est ce qu'il serait intéressant de savoir, mais nous n'avons pu être renseigné à cet égard.

Le changement des tubes se fait, paraît-il, avec facilité. Quant à la pression à laquelle fonctionne la chaudière, elle est habituellement de 9 atmosphères effectives.

L'examen des deux appareils que nous venons de décrire nous conduit à remarquer que, contrairement à ce qui a lieu dans ceux de M. Belleville, on a pris le parti de maintenir presque tous les tubes, même les plus élevés, constamment

pleins d'eau. Le coffre à vapeur est placé dans ces deux chaudières en dehors de la maçonnerie, à l'abri de l'action des gaz chauds; l'une d'elles possède même deux grands réservoirs d'eau dont la présence doit évidemment annuler le bénéfice de poids qu'on attend habituellement des générateurs de cette espèce; mais elles présentent toujours l'avantage d'être moins sujettes aux explosions quand l'assemblage des tubes entre eux est bien fait; les réservoirs d'eau et de vapeur n'étant pas en contact avec les gaz chauds ne peuvent guère en effet éprouver d'avaries. En outre le groupement de leurs diverses parties entre elles se prête à une foule de combinaisons diverses, suivant l'espace disponible; enfin la visite et la réparation de leurs divers organes sont très-faciles.

Chaudière anglaise de Cater. — La chaudière anglaise de Cater est représentée par les *fig. 7 et 8 de la Pl. 29*. Elle comprend un corps cylindrique contenant deux séries de tubes en fer inclinées en sens inverse l'une de l'autre, et débouchant dans une boîte à fumée commune *H* munie d'une porte, ce qui permet de les visiter et de les tamponner au besoin. Les tubes inférieurs sont au nombre de 42, et ceux du haut de 62; le diamètre des premiers est de 10 centimètres, et celui des seconds de 8 centimètres. Le foyer est placé sous la chaudière; les gaz chauds, après avoir léché son fond et ses faces latérales, pénètrent dans une boîte à feu, puis successivement dans les deux rangées de tubes qui les conduisent à la cheminée. Un coffre à vapeur est placé à la partie supérieure du cylindre extérieur. La surface de chauffe est de 100 mètres carrés, et celle de la grille de $2^{m^2},44$; le rapport de la première à la deuxième est, par suite, très-considérable.

Comme le montre la description qui précède, cet appareil ne présente rien de particulier à noter; ses formes cylindriques sont excellentes pour résister à de fortes pressions, mais ses fonds plats, sa boîte à feu et sa boîte à fumée constituent évidemment des points faibles auxquels ne remédie qu'en faible partie la présence des tubes à eau *A*, qui facilitent en même temps la formation des courants.

Chaudière française de Fives-Lille. — Le générateur de la Compagnie de Fives-Lille est une chaudière à deux bouilleurs ayant une surface totale de chauffe de 140 mètres carrés, et ne

présente aucune disposition nouvelle. Ce type est trop connu pour qu'il soit nécessaire d'insister plus longuement à son sujet.

Chaudière française de Chevalier et Grenier. — La maison Chevalier et Grenier, de Lyon, qui s'occupe depuis long-temps de la construction de chaudières à foyer et à tubes amovibles, expose dans la galerie des machines plusieurs générateurs de ce type. L'un d'eux est représenté par les *fig. 1 et 2* de la Pl. 31; il se compose de deux cylindres de même longueur placés l'un dans l'autre; celui qui est à l'intérieur contient le foyer, et les gaz chauds après l'avoir parcouru font retour vers la face avant de la chaudière au moyen de tubes coudés; on se dispense ainsi complètement de boîte à fumée, ce qui simplifie sensiblement l'exécution de ce générateur; en revanche les tubes coudés exigent un approvisionnement de différents modèles, leur mise en place et leur tamponnage aux deux extrémités en cas de fuite sont rendus moins faciles; leur emploi ne paraît pas cependant avoir donné lieu à des inconvénients sérieux, car MM. Chevalier et Grenier en font constamment usage depuis un certain nombre d'années; leur nettoyage est d'ailleurs facile au moyen d'une brosse articulée qui permet d'avoir accès jusqu'à l'extrémité de la partie courbe. Pour retirer le foyer et les tubes d'un seul bloc, il suffit d'enlever les boulons qui forment les deux joints AB et CD, opération qui n'est ni longue ni difficile.

Dans un autre générateur exposé par la même maison, le carneau intérieur au lieu d'être cylindrique d'un bout à l'autre, se termine par une partie tronconique comme le montre la *fig. 3*; mais cette modification a peu d'importance.

Les chaudières dont nous venons de parler sont bien disposées pour résister à une pression de 5 atmosphères et demi effectives; les deux fonds ne supportent que des pressions modérées; ils sont bien reliés l'un avec l'autre par le carneau intérieur et l'amovibilité se concilie bien ici avec la solidité; ce carneau est d'ailleurs parfaitement accessible soit par le foyer, soit par une porte de visite placée à son autre extrémité; la surface de chauffe est en outre très-suffisante sous un volume restreint; ces chaudières nous semblent donc appelées à rendre dans une foule de cas de bons services.

Chaudière française Belleville. — M. Belleville expose un générateur de son système qui ne diffère en rien du type actuellement connu ; il nous suffira donc de signaler sa présence.

Chaudière belge de Cockerill. — La chaudière de l'usine Cockerill de Seraing est cylindrique et renferme un carreau cylindrique suivi de tubes horizontaux de petit diamètre. Les gaz chauds, après avoir traversé les tubes, se rendent directement à la cheminée. Ce type a été décrit tant de fois qu'il est inutile d'entrer dans plus de détails à son égard.

Chaudière suisse de Sulzer. — La chaudière Sulzer est représentée par les *fig. 1 et 2* de la Pl. 32. Un gros cylindre A de 4^m,92 de diamètre contient deux carreaux également cylindriques B qui renferment les foyers ; ils règnent sur toute la longueur du gros cylindre et se rivent avec ses deux fonds plats. Les gaz chauds, après avoir parcouru les carreaux B, redescendent sous la chaudière en D et lèchent ses deux faces latérales, puis ils se rendent dans un conduit en maçonnerie E situé au-dessus du gros cylindre et contenant deux réchauffeurs horizontaux K ; ils s'échappent ensuite dans la cheminée après avoir passé sur un troisième réchauffeur V (celui-là tubulaire) qui est placé dans un carreau en briques. L'eau d'alimentation parcourt d'abord successivement tous les tuyaux du réchauffeur tubulaire, puis elle se rend dans les deux autres K pour pénétrer ensuite dans le générateur.

La pression à laquelle fonctionne cet appareil est de 5 atmosphères effectives ; ses formes sont parfaitement satisfaisantes pour résister à cette tension élevée ; en outre, pour ne pas avoir à craindre l'écrasement des tubes intérieurs qui constituent toujours les points faibles d'une chaudière de cette espèce, on les a munis de quelques tubes Galloway.

La disposition de l'appareil que nous venons de décrire nous paraît donner lieu aux observations suivantes :

Sans parler de la disposition vicieuse qui consiste à faire passer les gaz chauds sur des parties non baignées par de l'eau, quand on n'est pas forcé d'agir ainsi, il est évidemment mauvais de réunir dans un même carreau deux portions de l'appareil évaporatoire qui sont l'une à une température très-basse, l'autre à une température très élevée. Pour que les

réchauffeurs aient une action efficace, ils doivent, en effet, amener à une basse température les produits de la combustion, et par suite ces derniers ne peuvent servir à échauffer l'autre portion de la surface de chauffe avec laquelle ils sont en contact. En outre, si des réchauffeurs placés comme l'indique la *fig. 2* éprouvent la moindre fuite, les gouttes d'eau, tombant constamment sur les mêmes points de la chaudière proprement dite, ne tarderont pas à l'avarier sans qu'on puisse soupçonner l'existence même de ce danger. Il y aurait donc tout avantage à isoler les deux réchauffeurs K en noyant le dessus du cylindre dans la maçonnerie; les conditions habituelles d'évaporation se trouveraient d'ailleurs par là peu changées, car au bout de quelques jours de service la portion supérieure de la chaudière qui forme la face inférieure du carneau E, doit certainement être recouverte d'une épaisse couche de suie extrêmement peu perméable à la chaleur.

Le constructeur de cet appareil paraît s'être beaucoup préoccupé de remédier le plus possible aux inconvénients qui résultent de l'emploi des eaux incrustantes. A cet effet, il a disposé au-dessus de chaque foyer une plaque courbe MN (*fig. 2, Pl. 32*) fixée à celui-ci à une distance de quelques centimètres et ayant à peu près la même longueur que lui; elle est percée en son milieu d'une fente longitudinale. De cette façon, il doit certainement se produire, à cause de la haute température de la tôle du foyer, un courant dirigé dans le sens des flèches f; c'est sur son existence que compte le constructeur pour empêcher les matières solides de se déposer sur le ciel du foyer où elles pourraient donner lieu à des coups de feu, et pour les forcer à s'accumuler au fond du gros cylindre, qui, en prévision de ce fait, n'est pas léché par les gaz chauds. A l'Exposition de 1867, on avait déjà remarqué des dispositions conçues dans le même ordre d'idées et dont l'efficacité a paru douteuse.

Les grilles de cette chaudière sont spécialement installées pour brûler du charbon menu; à cet effet les barreaux laissent entre eux un espace vide qui n'est, nous a-t-on dit, que de 2 millimètres; en outre, au lieu de se placer bout à bout, suivant le mode habituel, ils se décroisent entre eux par leurs extrémités afin de donner une surface parfaitement unie en

aucun point de laquelle le charbon ne peut s'engager; dans cette grille le rapport des vides aux pleins est égal à $\frac{1}{3}$.

Chaudières allemandes et autrichiennes. — Les chaudières qu'il nous reste à examiner appartiennent à l'empire d'Allemagne et à l'Autriche; plusieurs d'entre elles présentent, dans l'agencement de leurs diverses parties, des dispositions nouvelles; elles paraissent toutes avoir pour principal objectif de profiter des avantages bien connus du système tubulaire et d'éviter cependant, malgré la présence de nombreux tubes de petit diamètre et l'adoption de pressions élevées, les inconvénients qui résultent de l'emploi d'eaux d'alimentation incrustantes. Comme nous le verrons bientôt, les inventeurs de ces générateurs se sont en général notablement écartés du système habituel de construction des chaudières tubulaires; quelques-uns même ont confiné tous leurs tubes dans une petite partie de l'appareil qui se compose par ailleurs d'enveloppes et de carreaux cylindriques de grand diamètre; et ils ont eu soin de choisir la place et la direction de leurs tubes de telle sorte que ceux-ci aient aussi peu à craindre que possible les incrustations. Ce but ne paraît pas toujours avoir été atteint, et l'agencement de la construction n'est souvent pas aussi satisfaisant qu'on pourrait le désirer; aussi, dans beaucoup de cas, nous semblerait-il préférable et tout aussi praticable de séparer complètement le système tubulaire des corps cylindriques, et de le reporter dans l'un des carreaux sous forme de réchauffeur; on obtiendrait ainsi la même surface de chauffe répartie d'une façon aussi avantageuse; la chaudière y gagnerait en simplicité, en solidité, en facilité de visites et de réparation, et les réchauffeurs pourraient à coup sûr être alimentés avec des eaux aussi incrustantes que celles que peuvent supporter plusieurs des chaudières en question.

Chaudière allemande de Meyn. — L'usine Charles de Rendsbourg (Holstein) expose plusieurs spécimens d'un type de chaudières mis en essais sur une large échelle dans l'usine Krupp, concurremment avec les chaudières de Cornouailles, les seules employées jusqu'alors dans cet établissement, et qui est représenté Pl. 33. Il est appelé à supporter des pressions de 5 à 6 atmosphères effectives, et se compose extérieurement d'une enveloppe cylindrique verticale qui renferme tout l'appa-

reil sauf une partie du foyer qui fait saillie au dehors dans une boîte rapportée. A l'intérieur on remarque deux séries de tubes verticaux, les uns A ayant une forme aplatie et contenant de l'eau, les autres B cylindriques et servant au passage de la fumée. Les premiers vont de la plaque de tête CD à la plaque EF, et les seconds de cette dernière à la plaque GH. Les gaz chauds lèchent d'abord les parois inférieures de la chaudière et celles des tubes à eau, puis ils montent dans les tubes à fumée, atteignent l'espace annulaire KL, K'L' et se rendent à la cheminée après avoir frappé les parois du serpentin en cuivre R par lequel passe la vapeur sortant de la chaudière. Le niveau de l'eau est constamment maintenu au-dessous de la plaque de tête GH, de sorte que non-seulement le serpentin, mais encore une portion notable des parois de la chaudière font l'effet de surchauffeur. Malgré l'étendue assez considérable de ces deux dernières surfaces, la vapeur fournie par cet appareil paraît être peu surchauffée; en effet, dans des expériences faites à Essen, et dans lesquelles la vapeur produite se rendait préalablement dans un cylindre en fonte garni de substances isolantes, on a recueilli dans ce récipient une quantité assez abondante d'eau condensée, et la proportion ainsi transformée en eau a été à peu de chose près celle que l'expérience indique pour de la vapeur d'eau saturée.

Plusieurs des chaudières construites d'après ce système sont chauffées avec la flamme perdue des fours à puddler ou à réchauffer; dans ce cas on fait arriver les gaz chauds par-dessous la chaudière et à son centre dans une boîte légèrement conique afin de préserver de coups de feu les joints et les assemblages. En prévision de cet emploi, on a soin en outre que les gaz chauds rencontrent le moins possible de doubles épaisseurs de tôle et de rivets; c'est également dans ce but que plusieurs joints, entre autres celui du cylindre extérieur, sont soudés et non rivés. La majeure partie de l'appareil est construite avec de la tôle au bois; les boîtes à feu en particulier sont faites avec de la tôle de cette espèce de qualité supérieure.

Les tubes à eau ont une forme toute spéciale qui est indiquée par les coupes et les vues perspectives de la Pl. 33; ils sont ovales avec un bout plus effilé que l'autre; ils sont fortement aplatis sur leurs côtés, et pour augmenter leur résistance à

l'écrasement, on leur a donné une forme ondulée; d'après les constructeurs, on obtient ainsi un autre avantage très-important, c'est de forcer toutes les incrustations qui se déposent sur les tubes à se détacher par écailles par suite des mouvements moléculaires qui se produisent dans ces derniers lors des changements de température; grâce à leur disposition verticale, les dépôts tombent alors dans la partie inférieure de la chaudière d'où on les extrait facilement. Ces tubes sont fabriqués au moyen de machines avec de la tôle au bois superfine croisée.

Les chaudières Meyn ont été, à l'établissement d'Essen, l'objet d'expériences suivies, à la suite desquelles cette usine en a adopté l'usage sur une grande échelle, en particulier pour utiliser la flamme perdue des fours; on ne saurait néanmoins s'empêcher de remarquer qu'elles paraissent présenter des défauts assez graves: plusieurs de leurs parties, et entre autres la calotte, dont la tenue est basée sur l'emploi de tirants, sont mal disposées pour résister à une pression de 5 à 6 atmosphères effectives; les visites, ainsi que les nettoyages intérieurs, présentent des difficultés sérieuses; enfin, dans tous les cas où l'on n'emprunte que par intermittence de la vapeur à la chaudière, une portion des parois et en particulier le serpentin en cuivre paraissent mal défendus par la vapeur seule contre l'action des gaz chauds; cet inconvénient est surtout sensible pour la rivure des tubes à fumée dans leur plaque de tête supérieure, et pour ces derniers on doit le redouter même en service continu, surtout si la chaudière est chauffée par la flamme d'un four à réchauffer ou à puddler.

Le type que nous venons de décrire est celui qui est adopté par l'usine de Rendsbourg pour les chaudières de grande et de moyenne dimension; pour les petites, qui sont destinées à accompagner des machines locomobiles, cet établissement fait usage de générateurs tout à fait analogues à ceux des locomobiles Hermann-Lachapelle; ils n'ont seulement que deux tubes transversaux au lieu de trois comme chez ce constructeur.

Chaudière allemande de Paucksch et Freund. — La chaudière de Paucksch et Freund (de Landsberg, Brandebourg) est d'un système dont les bons résultats sont connus depuis longtemps, et dont la construction présente une grande résistance en même temps qu'un grand cachet de simplicité. L'un

des générateurs de ce type est représenté sur la Pl. 34. Il se compose d'un corps cylindrique multitubulaire; les tubes en fer, de 65 millimètres de diamètre extérieur, sont au nombre de 96 et ont la même longueur que la chaudière; ils sont amovibles et se fixent sur les deux plaques de tête au moyen de pas de vis pratiqués sur des renflements coniques ménagés à chaque extrémité des tubes; les plaques sont en outre réunies par quelques tirants. Comme le montre la *fig. 2*, ils sont partagés en deux groupes laissant entre eux un espace minimum de 32 centimètres pour permettre à un homme de descendre dans la chaudière; cet espace s'élargit un peu vers le bas afin qu'on puisse plus commodément nettoyer ou réparer. Cet écartement des tubes a en outre, d'après les constructeurs, l'avantage de faire tomber la plus grande partie des incrustations au fond du corps cylindrique à cause de la tranquillité relative dont, suivant eux, l'eau jouit dans cette partie; ces dépôts sont ensuite expulsés périodiquement au dehors par le trou d'homme AB débouchant en dehors de la maçonnerie.

La grille est placée sous la chaudière; les gaz chauds lèchent sa partie inférieure, font retour par les tubes à la face avant où ils trouvent une boîte à fumée séparée en deux parties par un compartiment vertical en briques, qui correspond précisément à l'intervalle vide laissé entre les deux séries de tubes; ils retournent ensuite à la face arrière par deux carreaux latéraux et se rendent de là à la cheminée; grâce à ces trajets multiples, la surface de chauffe n'est pas moindre que 54 fois la surface de grille. Deux portes sont ménagées sur la face avant de la boîte à fumée, et donnent ainsi un accès facile aux tubes. Ces chaudières paraissent être très-répandues en Allemagne et à l'étranger.

Chaudière allemande de Dingler. — La chaudière de Dingler est destinée à fournir de la vapeur, ayant une tension de 10 atmosphères effectives, à une machine de Wolf à deux cylindres. (Voir la Pl. 35.) Les formes de ce générateur ont été combinées en vue de résister à cette pression élevée; il se compose de deux cylindres superposés A et B communiquant ensemble par deux tubulures M et N; le plus élevé a 0^m,86 de diamètre, et celui du bas 0^m,98. Ce dernier est fait avec des tôles épaisses de 15 millimètres; dans son intérieur et concen-

triquement avec lui est placé un troisième cylindre C de 0^m,70 de diamètre qui contient le foyer, ainsi que 31 tubes en fer de 76 millimètres placés à la suite de celui-ci. Le foyer et les tubes sont amovibles afin de faciliter le nettoyage ; dans le même but, on a disposé des portes de visite K et H.

Les gaz chauds, après avoir parcouru le faisceau tubulaire, passent sous le cylindre B, lèchent son contour extérieur, puis, montant dans les carneaux P et Q, chauffent la surface extérieure de A dans la portion située au-dessous du niveau de l'eau. Ils remontent alors dans les carneaux R et S où ils se trouvent en contact avec des tôles baignées uniquement par de la vapeur, et ils s'échappent enfin par la cheminée après avoir réchauffé l'eau d'alimentation qui circule dans six tuyaux en fer D.

La surface de grille est de 0^{m²},93, et la surface de chauffe baignée par l'eau de 25 mètres carrés; cette proportion est suffisante, car si l'on se conforme aux indications du constructeur, on ne doit brûler par heure que 50 kilogrammes de charbon sur sa grille. La surface du réchauffeur est de 5^{m²},8 seulement ; ce chiffre paraît extrêmement faible eu égard aux proportions généralement adoptées ; on donne en effet souvent à cet appareil une surface presque égale à la surface de chauffe du générateur proprement dit quand on n'est pas arrêté par l'emplacement disponible.

Les formes et la disposition de la chaudière Dingler paraissent excellentes pour résister à la pression élevée qu'elle supporte ; seule, la face avant du cylindre supérieur se trouve, à cause de sa forme plate, dans de moins bonnes conditions. L'amovibilité du foyer et des tubes, sans présenter rien de nouveau, est bien entendue et permet de faire usage d'eaux plus incrustantes que cela n'est possible avec des générateurs qui ne sont pas munis de ce dispositif. Nous préférerions seulement que les gaz chauds ne lèchent pas la surface des tôles qui n'est baignée que par la vapeur ; car cette manière d'opérer, quand elle n'est pas inefficace, n'est pas sans danger. La couche d'air chaud qui surmonte le cylindre A constitue bien, il est vrai, une excellente enveloppe isolante, et c'est l'un des avantages que lui attribue le constructeur ; mais on obtiendrait exactement le même effet au moyen d'une couche d'air sta-

gnante emprisonnée dans la maçonnerie, et il serait alors préférable de faire redescendre les gaz chauds, aussitôt après leur sortie des conduits P et Q, dans un carneau qui aboutirait à la cheminée, et où l'on pourrait disposer un réchauffeur tubulaire ayant telle forme et telle surface de chauffe que l'on voudrait.

L'appareil que nous venons de décrire constitue un corps de chaudières ayant, d'après le constructeur, les dimensions maxima compatibles avec un bon service. Quand on a besoin d'une production de vapeur plus abondante, on fait usage de plusieurs corps placés les uns à côté des autres.

Sur la Pl. 35, on remarque la disposition du tuyau d'alimentation L qui, en temps ordinaire, envoie son eau en S dans le réchauffeur; celle-ci sort en T, puis entre dans la chaudière en V quand le flotteur U maintient ouvert le robinet I. On peut aussi, en manœuvrant convenablement les soupapes F et F', envoyer directement l'eau à la chaudière.

En p se trouve un appareil destiné à évacuer au dehors les impuretés qui flottent à la surface de l'eau; c'est une sorte de bassin en tôle placé un peu au-dessous de l'eau, et permettant d'expulser par le tuyau t les saletés qui affluent dans son intérieur quand on le met en communication avec l'atmosphère; q est le robinet de vidange. On remarquera enfin que d est le conduit d'arrivée de vapeur; E un échappement à l'air libre qu'on ouvre ou ferme à volonté, et g et h les manomètres et les soupapes de sûreté.

Chaudière allemande de Bergmann. — M. Julius Bergmann (à Hüttingen, Westphalie) expose plusieurs types d'une chaudière de son invention qui est représentée Pl. 36. Elle se compose de deux cylindres superposés P et Q ayant des diamètres différents et réunis ensemble par une bande annulaire MN, M'N'. De cette dernière partent une série de tubes verticaux pendents T identiques aux tubes des chaudières Field, c'est-à-dire fermés à leur partie inférieure et contenant chacun un second tube concentrique ouvert par le bas qui, sous l'influence de la chaleur, détermine une circulation extrêmement rapide. Le foyer est placé sur le côté en F; il est renfermé, ainsi que les deux cylindres et les tubes pendents dans une enveloppe en briques dont les figures de la Pl. 36 donnent une idée très-exacte. Deux gros appendices horizontaux G et H

sont adaptés l'un à la partie haute du gros cylindre, l'autre à la partie basse du petit; ils font saillie à travers la maçonnerie et sont destinés, le premier à recevoir les tubes de niveau, les manomètres, etc., le second à servir pour le nettoyage et l'alimentation; enfin un dôme de vapeur est établi au sommet de l'appareil. Par suite de la disposition intérieure de la maçonnerie, les gaz qui partent du foyer circulent autour du cylindre inférieur, puis, après avoir tourné d'un peu moins de 360°, montent verticalement le long des tubes, continuent leur trajet circulaire en léchant à la fois la surface de ces derniers et la partie supérieure du petit cylindre, puis ils atteignent la cheminée après avoir fait en tout un tour et demi; il n'y a qu'une très-faible portion du grand cylindre qui soit en contact avec les gaz chauds.

Il résulte de ce qui précède, que la chaudière Bergmann peut être comparée à une chaudière Field à foyer extérieur; mais elle présente sur celle-ci l'avantage d'avoir moins à craindre les dépôts produits par les eaux incrustantes. Il paraît en effet probable que la majeure partie de ceux-ci doit se réunir dans le bas du petit cylindre, qui, en prévision de ce fait, est noyé dans la maçonnerie, et est par conséquent à l'abri de l'action des gaz chauds. En revanche, dans la chaudière Field, la plaque de tête des tubes est énergiquement reliée au fond supérieur de la chaudière par la cheminée, tandis qu'ici la plaque en question tend à se bomber en vertu d'une pression égale à celle qui s'exerce sur la section transversale totale du grand cylindre. Aucune disposition ne paraît être prise pour résister à cet effet considérable; il conviendrait donc de s'y opposer au moyen d'équerres situées dans des plans diamétraux et réunissant la bande annulaire MNM'N' avec le grand cylindre. Un autre point à signaler, dans ce générateur, est la difficulté qu'il présente, malgré des portes ménagées dans la maçonnerie, sous le rapport des visites, des réparations et des changements de tubes; il resterait enfin à savoir jusqu'à quel point la présence du petit cylindre empêche les dépôts salins de se produire dans les tubes pendents.

Une remarque importante à faire sur ce générateur est la petitesse de sa surface de chauffe comparée à la surface de grille; le rapport de la première à la deuxième grille est de 12.2 seulement;

c'est là un chiffre qui doit à coup sûr étonner, bien que l'inventeur affirme que l'une des propriétés de sa chaudière est précisément de n'exiger qu'une surface de chauffe très-faible pour utiliser parfaitement la chaleur produite sur la grille. Dans les chaudières Field des pompes à incendie Merryweather, ce rapport est de 24. Mais comme dans celles-ci le nombre de kilogrammes de charbon brûlés par heure et par mètre carré de surface de grille est en général double ou triple de celui qu'on consomme sur une grille ordinaire, on voit que, sous le rapport de l'utilisation des gaz chauds, ces deux générateurs se trouvent à peu près dans les mêmes conditions. Les chaudières des pompes à incendie n'étant point établies en vue d'économiser le combustible, cette comparaison ne saurait apporter un argument sérieux en faveur de la faiblesse de la surface de chauffe signalée plus haut, et il resterait à élucider par l'expérience ce point important de savoir si, comme l'affirme leur inventeur, les chaudières Bergmann n'ont réellement besoin que d'une surface de chauffe bien inférieure à celle des autres systèmes.

Chaudière allemande de Wolf. — Pour en finir avec les chaudières exposées par l'empire d'Allemagne, nous citerons la chaudière à foyer et à tubes amovibles construite par Wolf (de Magdebourg), pour les locomobiles de sa fabrication. Le foyer est contenu dans un cylindre (*fig. 4, Pl. 39*) à la suite duquel sont situés les tubes à fumée, et le tout, ainsi que l'eau et la vapeur, sont renfermés dans une enveloppe cylindrique. En enlevant les deux rangées de boulons A et B, le foyer et les tubes peuvent se retirer par la face avant de se nettoyer. Pour rendre parfaite l'étanchéité des joints, le constructeur les garnit de cercles en caoutchouc qui viennent comprimer les boulons.

Cette chaudière se trouve, comme on le voit, placée dans de bonnes conditions pour fonctionner à haute pression; son seul inconvénient est d'occuper un peu de place en longueur, sans qu'il en résulte cependant de gêne pour l'établissement d'une locomobile.

Chaudière autrichienne de Sigl. — M. Sigl, grand fabricant de locomotives à Vienne, expose une chaudière à deux bouilleurs qui diffère un peu du type habituel; le cylindre supérieur est horizontal, tandis que les deux bouilleurs sont

inclinés en sens inverse l'un de l'autre. Leurs extrémités avant sont à la même hauteur et communiquent ensemble; à partir de ce point, l'un va en montant vers l'arrière, l'autre en descendant; c'est dans ce dernier que débouche l'alimentation. Le cylindre supérieur a 1^m,42 de diamètre et 11 mètres de long; chacun des deux autres a un diamètre de 0^m,80 environ sur une longueur de 10^m,30; ils sont faits pour fonctionner à une pression de 4 atmosphères effectives.

Le foyer est placé sous la chaudière, et le tout est renfermé dans une enveloppe en maçonnerie. Les carneaux qui y sont pratiqués sont distribués de telle façon que c'est au point le plus bas du bouilleur inférieur, près de l'endroit où débouche l'alimentation, que les gaz se rendent à la cheminée. La grille est d'un système particulier inventé par M. Zeh; elle fonctionne automatiquement, c'est-à-dire que le chauffeur n'a guère autre chose à faire qu'à jeter le charbon dans un grand gueulard placé en avant du foyer. Les *fig. 1, 2 et 3* (Pl. 37) donnent une idée des dispositions employées à cet égard. La grille est très-inclinée; les barreaux qui la forment reçoivent continuellement un mouvement longitudinal alternatif au moyen de l'excentrique S qui vient actionner le levier KR, et, par suite, imprime un mouvement oscillatoire au bras KL; ce dernier agit directement sur la grille dont les barreaux oscillent autour des axes de rotation C et D, ce qui rend leur mouvement beaucoup plus facile. La partie supérieure AA' de la grille est pleine. Sous l'influence du mouvement qui lui est imprimé, le charbon jeté dans le gueulard I descend lentement, et à mesure qu'il avance, sa combustion devient plus complète; quand il est rendu au clapet E, il ne reste plus que les escarbilles et les mâchefers qu'on laisse tomber de temps en temps dans le cendrier, en faisant tourner la plaque E autour de l'axe G par le moyen de la tringle H. Un regard Q placé de chaque côté permet de suivre la marche du combustible sur la grille et d'introduire au besoin dans le foyer un outil de chauffe. Un écran MN, mobile au moyen du contre-poids P, préserve complètement de l'action du feu le chauffeur, qui n'a plus qu'à pousser le charbon avec la pelle sous l'arête inférieure de cet écran, de façon à assurer son entrée sur la grille.

L'excentrique S est placé au sommet du massif de maçonnerie.

rie qui entoure la chaudière; il est mû d'une manière continue par un arbre qui reçoit lui-même son mouvement du petit cheval alimentaire. Afin de régulariser l'effet que ce dernier doit vaincre, on a placé à la face avant du foyer un ressort de voiture UV qui est fixé en son milieu V, et qui, au moyen d'une tige fixée au bras T, se bande quand la grille descend et se détend dans le mouvement inverse. Il agit sur le petit cheval dans un sens contraire à celui de la pesanteur sur la grille, aussi le mouvement d'oscillation est-il à peu près régulier.

La grille Zeh, qui était déjà connue en 1867, fonctionne d'une manière satisfaisante à l'Exposition. Son inventeur l'a destinée à brûler principalement du menu et des combustibles de qualité inférieure, comme on en trouve tant en Autriche; son mécanisme semble assez simple et assez robuste pour n'être pas sujet aux avaries, et il y a lieu de penser qu'elle est susceptible de fonctionner convenablement, même entre des mains peu expérimentées.

Chaudière allemande de Kux. — La chaudière Kux se compose de trois parties : une chaudière cylindrique à foyer intérieur AB (Pl. 38), une partie mi-tubulaire et mi-cylindrique CD, et un bouilleur inférieur EF; ces trois portions sont accolées les unes contre les autres, et elles communiquent ensemble de façon à former un appareil unique. Le corps cylindrique, proprement dit AB, contient deux carreaux également cylindriques, ayant la même longueur que lui et renfermant chacun un foyer. A sa suite se trouve placée la partie tubulaire qui se compose de cent trente-deux tubes verticaux en fer ayant 89 millimètres de diamètre extérieur; ils renferment de l'eau et sont entourés extérieurement par les gaz chauds. Ils débouchent tous haut et bas dans deux cylindres verticaux CC', DD' qui communiquent par deux tubulures, l'un avec le corps cylindrique principal, l'autre avec le bouilleur inférieur; une troisième tubulure réunit également ce dernier avec la partie avant du cylindre AB. Tout l'appareil est enveloppé dans un massif de briques dont les figures montrent la disposition. Les gaz chauds produits sur la grille parcourent d'abord les deux anneaux intérieurs renfermant les foyers, puis ils frappent les tubes verticaux et retournent vers la face avant par le carreau T qui embrasse parfois le dessus de la chau-

dière, comme le montre le dessin. Ils descendent alors verticalement et gagnent la cheminée par le carneau S, qui les force à lécher toute la surface du bouilleur inférieur; celui-ci n'est, à vrai dire, qu'un réchauffeur dans lequel se fait l'alimentation. Grâce aux dispositions qui viennent d'être indiquées, la surface de chauffe est considérable sous un volume extérieur assez restreint; elle est égale à 39,4 fois celle de la grille. C'est à cause de sa grande étendue que l'inventeur de cette chaudière affirme qu'il n'y a pas de danger à laisser les gaz chauds entourer complètement la chaudière dans le carneau T; leur température n'est plus assez forte, paraît-il, pour donner lieu à des accidents. Mais, comme nous l'avons déjà dit plusieurs fois, cette disposition nous semble mauvaise.

Le générateur Kux est fait pour fonctionner à 5 atmosphères effectives; ses formes cylindriques le mettraient sous ce rapport dans d'excellentes conditions si les deux cylindres CC', DD' ne tendaient fortement à s'écartier l'un de l'autre en bombant les deux plaques de tête des tubes; on pourrait sans doute remédier en partie à ce défaut en reliant celles-ci aux faces latérales des cylindres à l'aide de fortes équerres, il suffirait pour cela de supprimer quelques tubes; aucune disposition ne paraît avoir été prise dans le but de remédier à l'inconvénient signalé.

La présence des tubes verticaux baignés par la flamme doit donner lieu à une active circulation d'eau ascendante dans leur intérieur; c'est évidemment une bonne chose. Le constructeur prétend en outre que cette circulation préserve complètement les tubes du dépôt des incrustations qui se réunissent toutes, soit dans le cylindre vertical inférieur DD', soit dans le bouilleur; mais cette assertion n'est point prouvée. Il convient en outre de remarquer que cette chaudière présente les mêmes inconvénients que toutes celles qui renferment l'eau à l'intérieur de leurs tubes, c'est-à-dire que les fuites sont impossibles à constater, et que le tamponnage d'un tube avarié est impraticable; enfin la visite et nettoyage des diverses parties paraissent présenter plus d'une difficulté.

Chaudière autrichienne de Gratz. — La « Compagnie pour la construction des machines et les travaux d'acier de Gratz (Styrie) » expose une chaudière qui est représentée par les

fig. 3 et 4 (Pl. 32) et dont le système est bien connu. Deux cylindres d'un gros diamètre sont placés verticalement au-dessus l'un de l'autre et réunis par deux tubulures. Celui du bas contient un carreau également cylindrique où est établi le foyer; un massif de briques entoure tout le système. Les gaz chauds parcourent le carreau du foyer, reviennent à la face avant le long du cylindre inférieur, puis s'élèvent verticalement dans un conduit qui règne sous le cylindre supérieur, et s'échappent ensuite dans la cheminée. La pression effective à laquelle fonctionne cet appareil est de 5 atmosphères; la surface de chauffe est égale à 31,6 fois celle de la grille.

Chaudière autrichienne de Brünn. — La chaudière de la « première Compagnie pour la construction des machines à Brünn (Moravie) » se compose (Pl. 39) de deux cylindres à angle droit assemblés l'un avec l'autre; l'un d'eux, horizontal, est très-long relativement à son diamètre; l'autre, au contraire, n'est guère plus haut que large. Ce dernier porte une série de tubes à fumée verticaux qui vont d'un fond à l'autre. Le foyer est placé sous le cylindre horizontal, et les gaz chauds, après avoir léché sa face inférieure et ses faces latérales, circulent horizontalement dans les carreaux A situés autour du cylindre vertical; ils redescendent ensuite dans la boîte B, parcourent verticalement les tubes à fumée et se rendent ensuite dans la cheminée; on obtient ainsi une surface de chauffe très-suffisante relativement à celle de la grille. En égard aux dispositions adoptées pour la maçonnerie, le cylindre horizontal ne repose sur aucun support; il est soutenu en l'air au moyen d'arcades en fonte MN auxquelles il est suspendu par des tirants T, T'.

Un nombre quelconque de corps de chaudières ainsi constitués peuvent être placés à côté les uns des autres suivant la force de la machine à alimenter; dans la Pl. 39 on voit deux corps pareils; ils n'ont de commun que le carreau qui conduit en dernier lieu les gaz à la cheminée.

La forme de ces générateurs est bien combinée pour résister à la pression de 5 atmosphères effectives et demie qu'elles supportent en service courant; pour faciliter le nettoyage des tubes, on a eu soin de partager ceux-ci en quatre groupes laissant entre eux un intervalle vide en forme de croix pour le passage d'un homme; mais pendant la marche les deux plaques

de tête sont peu accessibles, et le tamponnage d'un tube avarié ne se ferait pas sans grande difficulté ; il est en outre à remarquer qu'avec la disposition adoptée, les dépôts sclides doivent inévitablement s'accumuler à la base des tubes où ils sont exposés à l'action immédiate des gaz chauds et dont ils compromettent ainsi la solidité de la rivure ; c'est là un inconvénient qui ne peut manquer d'être sérieux avec des eaux un peu incrustantes.

Grille de la chaudière autrichienne Tedesco. — M. Tedesco, de Prague, expose une chaudière cylindrique multitubulaire dont la construction ne présente rien à signaler, mais qui est munie d'un système spécial de grilles, inventé par M. Bolzano en vue de brûler des charbons de qualité très-inférieure renfermant beaucoup de cendres ou d'autres matières combustibles. Les barrots de grille AB, CD, EF (fig. 1, 2 et 3, Pl. 40) sont disposés en trois rangées, les deux premières ayant une pente d'environ 14 degrés, et la troisième horizontale. Cette dernière est d'une seule pièce et peut se déplacer dans son plan au moyen de la tige T de façon à laisser tomber dans le cendrier les matières placées à sa surface. Les barrots des deux autres rangées peuvent être soulevés légèrement de deux en deux, par une de leurs extrémités, au moyen des leviers L et M ; on leur imprime ainsi un petit mouvement de cisaillement les uns par rapport aux autres, ce qui les débarrasse au moins partiellement des cendres qui les recouvrent. Une plaque pleine HH' retient les matières qui tombent ainsi de la grille AB et qui contiennent beaucoup de parties combustibles ; au moyen d'un rouable on les pousse sur la deuxième CD. On remarque enfin dans cet appareil deux petits intervalles vides R et R' qui existent entre chaque rangée de barrots et celle du dessous ; ils ont pour but de permettre l'introduction d'outils de chauffe afin de régulariser l'épaisseur de la couche de combustible et de faciliter sa descente d'une grille sur l'autre.

Le chargement se fait en jetant du charbon sur la plaque à bascule SS' qui est installée de façon à donner le moins de passage possible à l'air froid ; en tournant autour de l'axe V, elle fait tomber le charbon qu'elle contient sur la grille AB ; il faut avoir soin que celle-ci soit toujours bien garnie. De temps en temps on pousse avec un ringard une partie du combustible de

CD en **EF** et de **AB** en **CD** de façon qu'il n'y ait jamais nulle part de partie vide ; dans ce mouvement les plus gros morceaux sont retenus par les petits gradins horizontaux placés aux extrémités des deux grilles supérieures ; on évite ainsi qu'il ne descendent du premier coup de la plaque de chargement sur la partie **EF**. Quand l'opération est bien conduite, il n'arrive sur celle-ci que des matières à peu près complètement brûlées que l'on fait tomber toutes les deux heures environ dans le cendrier en tirant horizontalement la plaque **EF** et en la remettant aussitôt après en place. De temps en temps on a soin aussi de peser sur les leviers **L** et **M** afin de nettoyer les deux grilles supérieures. Il faut également veiller attentivement à ce que les deux intervalles verticaux **R** et **R'** soient constamment masqués par du charbon, afin d'empêcher l'accès d'une trop grande quantité d'air froid.

Les opérations qui précèdent ne laissent pas que d'exiger une attention soutenue de la part du chauffeur, ce qui rend le bon fonctionnement de l'appareil fort problématique dans une foule de circonstances. Il est à remarquer d'ailleurs que l'idée des générateurs à échelons est loin d'être nouvelle ; on a vu en particulier, à l'Exposition de 1867, un appareil conçu d'après des idées analogues, mais ayant spécialement pour but d'éviter la production de la fumée. Les essais qui ont été faits, dans plusieurs usines, sur ce dernier engin n'ont pas été satisfaisants, paraît-il, sous le rapport de l'utilisation de la chaleur produite par le combustible ; mais on doit reconnaître que la grille Bolzano, tout en étant fumivore comme on pouvait facilement le reconnaître à l'Exposition, a spécialement pour but de permettre de brûler des charbons dont on ne trouverait pas l'emploi avec les grilles du système habituel, et, si l'appareil en question peut réellement résoudre ce problème, il est incontestable qu'il présente une utilité très-grande surtout pour l'empire d'Autriche, dans une partie duquel on n'a à sa disposition, comme nous l'avons déjà dit, que des combustibles de qualité très-inférieure.

La *fig. 1* montre une grille Bolzano appliquée à une chaudière à foyer extérieur ; s'il s'agit au contraire d'un générateur à foyer intérieur, on a recours alors au dispositif représenté par la *fig. 3*.

RÉCHAUFFEURS.

Économiseur de Green. — A la suite des chaudières il convient de placer les réchauffeurs de l'eau d'alimentation, dont l'Exposition renferme quelques types. L'un des plus répandus est celui que l'on désigne sous le nom d'économiseur de Green et qui jouit d'une grande faveur en Angleterre. Il se compose d'une série de tubes verticaux en fonte de 156 millimètres de diamètre extérieur et de 3¹/₂ de long non compris les parties tournées des extrémités (Pl. 41) ; ces tubes sont disposés par groupes qui sont tous situés dans des plans parallèles; le nombre des uns et des autres varie d'ailleurs suivant la grandeur de la chaudière. Les tubes de chaque groupe débouchent haut et bas dans des tuyaux horizontaux AB, CD; ceux du bas AB sont mis tous en communication avec un collecteur R également en fonte dans lequel l'eau d'alimentation est poussée par la pompe destinée à cet usage; ceux du haut CD présentent une disposition analogue, et ils communiquent tous avec le collecteur S par lequel l'eau d'alimentation, après s'être échauffée, se rend à la chaudière. Tout l'appareil est placé dans une grande chambre en briques que doivent traverser les gaz chauds qui sortent du générateur proprement dit avant de se rendre à la cheminée.

Afin de maintenir la surface des tubes toujours propre et de la débarrasser de la suie ou des autres matières mauvaises conductrices de la chaleur qui s'y déposent constamment, l'inventeur a disposé autour de chaque tube deux demi-anneaux qui l'embrassent en remplissant le rôle de racloirs, et qui sont constamment en mouvement. A cet effet, les anneaux des groupes contigus sont réunis deux par deux par des traverses horizontales suspendues à des chaînes en fer qui s'enroulent sur des poulies P. Ces dernières portent sur le même axe qu'elles des roues striées V qui engrènent avec des vis sans fin X montées sur un arbre unique M. Celui-ci est animé, soit par la machine, soit par le petit cheval, soit par un moteur spécial, d'un mouvement de rotation alternatif qui fait monter ou des-

cendre constamment les grattoirs ; le changement de mouvement est obtenu au moyen du levier K qui, en se déplaçant par l'effet des butoirs mobiles H, H', rend l'arbre U alternativement solidaire des roues Y et Y'. Grâce à ce mécanisme, l'arbre U doit tourner toujours dans le même sens, ce qui rend très-facile sa commande par la machine motrice. Une soupape de sûreté est placée sur l'appareil.

L'assemblage des diverses parties de l'économiseur entre elles se fait d'une manière très-simple ; les extrémités des tubes verticaux s'emboitent au moyen de parties tournées dans les tubes perpendiculaires ; la jonction se fait métal sur métal sans aucune espèce de mastic, et une forte pression exercée par la presse hydraulique rend l'assemblage assez solide pour qu'il puisse résister à une pression d'essai bien supérieure à celle de la chaudière ; au-dessus de chaque tube est placé un petit bouchon tenu en place par un seul boulon. S'il arrive une avarie à un tube, on enlève son boulon ; on peut alors le retirer grâce à la forme conique de ses extrémités, et on le remplace par un autre dont l'étanchéité est obtenue au moyen de mastic ; cette opération se fait en peu de temps.

La Société industrielle de Mulhouse a fait en 1869 des expériences intéressantes sur un appareil de cette espèce ayant 27 mètres de surface et placé à la suite d'une chaudière de 33 mètres de surface de chauffe ; les racloirs étaient tantôt laissés immobiles pendant plusieurs jours, tantôt mis périodiquement en mouvement pendant quelques instants à peu d'heures d'intervalle. On a pu ainsi constater que la couche isolante de suie déposée par les gaz chauds sur les tubes exerce une influence extrêmement sensible sur le fonctionnement de l'appareil dès les premiers moments où elle commence à se produire ; en quelques heures, avec de la houille très-fumeuse, il est vrai, l'influence du dépôt de suie atteint son maximum, et cet effet est considérable ; l'expérience a montré que si l'on fait simplement mouvoir les grattoirs trois fois par jour, au lieu de les laisser constamment immobiles, le rendement total de la chaudière proprement dite et du réchauffeur augmente de 7 p. 100. On voit par là qu'il est important d'avoir les grattoirs constamment en mouvement, et que le bénéfice en eau vaporisée doit être alors très-sensible ; on peut juger d'ailleurs

de ce dernier point par ce fait qu'avec le réchauffeur maintenu propre la température des gaz chauds s'abaissait de 471° à 147°, et que celle de l'eau d'alimentation passait de 25° à 110°. Il faudrait d'ailleurs, bien entendu, défaillir de ce bénéfice la dépense occasionnée par le mouvement des grattoirs; mais cette dernière est peu considérable si, au lieu de faire usage d'un moteur spécial, on peut utiliser, soit la machine motrice, soit le petit cheval.

Un autre avantage que présente l'économiseur Green est d'avoir, par suite même de la matière avec laquelle il est fait, des tubes épais; c'est là une condition indispensable pour assurer la durée d'un réchauffeur. On sait en effet que ces appareils sont extrêmement sujets à s'oxyder intérieurement et extérieurement par suite de la basse température de l'eau d'alimentation et du grand refroidissement des produits de la combustion, et voici de quelle manière on explique ce phénomène. Quand l'abaissement de température de ces gaz au contact du réchauffeur est assez grand pour qu'une partie de la vapeur d'eau qu'ils contiennent se condense sur les tubes, cette vapeur entraîne alors en dissolution les gaz acides provenant de la combustion des houilles pyriteuses; de là usure du métal des réchauffeurs. A l'intérieur, c'est l'oxygène dissous dans l'eau d'alimentation et retenu par elle à cause de sa basse température qui devient l'agent de la corrosion qu'on remarque sur les parois internes de ces appareils. L'économiseur Green doit donc présenter sous ce rapport un avantage appréciable sur les réchauffeurs en tôle.

L'appareil que nous venons de décrire pèse environ 11 kilogrammes par mètre carré de surface de chauffe, et l'ensemble composé de 20 tubes, comme sur la Pl. 41, occupe un espace de 1^m,70 sur 0^m,75 non compris la saillie faite par les deux tuyaux collecteurs R et S.

Économiseur de Twbill. — Un appareil presque identique au précédent est celui de Twbill; nous n'avons donc qu'à nous borner à le citer.

Réchauffeur et désincrustateur de l'usine Charles. — L'usine Charles, près de Rendsbourg, qui construit les chaudières Meyn dont nous avons parlé précédemment, expose aussi un appareil qui a à la fois pour but de réchauffer l'eau d'al-

mentation et de lui enlever une partie des matières solides qu'elle tient en dissolution. La Pl. 42 montre que cet engin est à peu près le même que celui qui a été exposé par Durenne en 1867. La vapeur d'échappement de la machine le traverse de bas en haut, tandis que l'eau d'alimentation qu'on fait arriver à son sommet descend par cascades successives jusqu'à sa partie inférieure en passant sur des plateaux à bords un peu relevés qui l'étaient en une sorte de nappe mince ayant une surface très-grande. Dans ce trajet l'eau échauffée laisse déposer sur les plateaux une partie des matières incrustantes qu'elle contient; celles qui ne sont pas retenues tombent dans le compartiment A, où elles sont arrêtées par des morceaux de coke faisant l'office de filtre; c'est en B que s'opère la prise d'alimentation. Un appareil de cette espèce cubant 2^m3,25 environ peut fournir 1.500 litres d'eau par heure à la pompe alimentaire.

**APPAREIL BÉRENGER POUR PURIFIER L'EAU D'ALIMENTATION
DES CHAUDIÈRES.**

Les eaux avec lesquelles sont alimentées les chaudières à Vienne et dans une partie de l'Autriche, sont extrêmement incrustantes; c'est surtout du bicarbonate de chaux qu'elles tiennent en dissolution. M. Bérenger, inspecteur du chemin de fer du Sud à Vienne, a imaginé pour les purifier un procédé qui, s'il n'est pas susceptible d'une précision mathématique entre les mains de chauffeurs peu exercés, est cependant capable de remédier en très-grande partie à l'inconvénient qu'il s'agit d'éviter. Voici en quoi il consiste: on précipite le bicarbonate de chaux qui est soluble en le transformant en carbonate au moyen d'eau de chaux; le sel neutre ainsi formé est insoluble dans l'eau, mais, comme il se produit à l'état floconneux, il reste en suspension. Pour s'en débarrasser rapidement, on filtre le liquide à travers une couche de copeaux de bois qui retient les matières solides.

Un point important dans l'application de ce procédé est de

n'introduire dans l'eau d'alimentation que juste la quantité de chaux nécessaire, sans quoi celle-ci serait en excès dans le liquide filtré et produirait dans la chaudière les incrustations qu'il s'agit précisément d'éviter. Pour cela il suffit de voir si le liquide filtré ne change pas la couleur du papier de curcuma; la quantité d'eau de chaux nécessaire se règle en conséquence. Cette réaction est assez simple pour que des chauffeurs, même peu habiles, puissent arriver à un dosage convenable.

Pour préparer l'eau de chaux, on met de la chaux éteinte dans un récipient A plein d'eau (fig. 4, Pl. 40), et au bout de quelque temps on décante en faisant descendre doucement l'entonnoir B et son tuyau T au moyen du levier L jusqu'à ce que sa surface supérieure soit un peu au-dessous du niveau du liquide.

Sans vouloir apprécier la valeur commerciale de ce système, on a cru utile de le signaler, vu l'intérêt qu'il présente dans tous les cas où l'on est obligé d'employer des eaux très-chargées de calcaire.

MARTEAUX-PILONS.

Par M. MADAMET, Ingénieur de la marine.

L'Exposition de Vienne renferme un grand nombre de marteaux-pilons de toutes dimensions et de dispositions très-variées. Les grands marteaux exposés se manœuvrent, comme toujours, à la main; on sait en effet que le déplacement de grosses pièces de forge sur une enclume exige un temps assez long, et que, par suite, il est inutile d'avoir recours, dans ce cas, à des mécanismes automoteurs permettant une succession extrêmement rapide de coups. La plupart des grands appareils en question ne présentent, en général, rien de bien nouveau; l'agencement de leurs diverses parties entre elles offre seulement des modifications plus ou moins nombreuses. Une tendance générale chez les constructeurs de ces engins consiste à les disposer de telle sorte qu'ils déterminent eux-mêmes leur descente quand ils sont arrivés au sommet de leur course; c'est là, en effet, une précaution qui paraît indispensable si l'on veut faire usage, sans crainte d'accidents, de toute la hauteur de chute que comporte le marteau; il suffit, d'ailleurs, pour cela d'employer des dispositifs bien connus qui n'apportent point de complication sérieuse au mécanisme.

A l'inverse de ce qui a lieu pour les précédents, on remarque, dans les marteaux de petite et de moyenne dimension, de nombreux systèmes nouveaux; ceux-ci ont pour but d'obtenir un nombre de coups extrêmement grand dans un temps donné. Cette rapidité de mouvement est nécessaire pour le travail de l'acier; elle est aussi très-utile pour la fabrication et l'étam-

page de petits objets qu'on peut ainsi amener en une seule chaude à leur forme définitive. Les nombreux dispositifs imaginés pour atteindre ce résultat consistent tous (sauf quelques rares exceptions) en un mécanisme automoteur dans lequel le tiroir est mû d'une manière continue par le marteau au moyen de divers organes de renvoi de mouvement absolument comme dans une machine à vapeur où le distributeur est animé d'un mouvement continu de va-et-vient par le piston; seulement, dans le cas qui nous occupe, les deux organes atteignent toujours en même temps leurs extrémités de course tandis que, dans une machine à vapeur, chacun d'eux a accompli une portion notable du chemin qu'il doit parcourir tandis que l'autre commence le sien. Les dispositions adoptées sont telles qu'on peut à tout instant modifier à la main ou même supprimer complètement le mouvement automatique. En outre, quelques fabricants se sont attachés à rendre l'intensité des coups frappés complètement indépendante de leur rapidité, de façon qu'en faisant, par exemple, marcher le pilon avec la vitesse maximum dont il est susceptible, on puisse à volonté donner des coups très-légers ou très-forts suivant la nature du travail que l'on veut accomplir. Il y a là, comme on le voit, une réunion de propriétés remarquables que ne possédaient pas les anciens appareils automoteurs et sur lesquelles nous allons donner quelques détails afin de montrer comment on a pu les obtenir avec des mécanismes d'une grande simplicité et d'un excellent fonctionnement.

Marteau-pilon Sellers. — M. Sellers, le constructeur bien connu de machines-outils de Philadelphie, expose un marteau-pilon qui réalise d'une manière très-simple les différents avantages que nous venons d'énumérer; les Pl. 43 et 44 le représentent d'une manière assez complète pour qu'il soit possible de se rendre compte de la forme exacte de chacune de ses parties. Il est à double effet; la tige du piston se prolonge au-dessus de ce dernier et vient se loger dans un gros chapeau en fonte de fer AA', BB' (fig. 1, Pl. 43) fermé de toutes parts; ce dernier est boulonné sur la partie supérieure du cylindre, et son intérieur communique librement avec celle-ci de façon qu'il est toujours en même temps qu'elle en communication, soit avec la chaudière, soit avec l'atmosphère; la vapeur agit

ainsi sur la totalité de la surface supérieure du piston, tandis que la face inférieure ne reçoit de pression que sur la portion annulaire DD', EE' (fig. 4, Pl. 44) qui n'est environ que les 0,45 de la surface totale.

Deux rainures obliques, parallèles et diamétralalement opposées, FF', GG' (fig. 8, Pl. 43) sont pratiquées dans la portion supérieure de la tige du piston; dans leur intérieur s'engagent deux petites touches H et H' (fig. 2, Pl. 44) faisant partie d'un cadre II'I'' terminé par une tige cylindrique KK'. Quand le marteau monte ou descend, la tige KK' se trouve ainsi animée d'un mouvement horizontal de va-et-vient qui se transmet au tiroir de distribution de vapeur LL' (fig. 4, Pl. 44) et le fait osciller en sens inverse du mouton, de sorte que l'un monte quand l'autre descend et inversement; ce mouvement est transmis de la tige KK' au distributeur LL' par l'intermédiaire des leviers K'MNPRQ, dans lesquels le point R est alors fixe; mais il est à remarquer que ce dernier peut lui-même se déplacer quand on manœuvre à la main le levier TU, de sorte que si le marteau est alors au repos, c'est le point P qui devient fixe à son tour, et le tiroir se met en mouvement sous l'action du levier TU, comme il le faisait tout à l'heure sous celle du marteau. Les proportions relatives des diverses parties du mécanisme sont combinées de telle sorte que le déplacement qu'on peut ainsi imprimer au tiroir, le mouton étant au repos, est précisément égal à celui qu'il reçoit du marteau, le levier TU étant maintenu immobile, et les deux déplacements en question ont lieu en sens inverse l'un de l'autre quand le mouton monte, ou quand TU se meut dans le sens de la flèche f.

Supposons le mouton reposant sur l'enclume et le levier TU occupant la position représentée par la fig. 4, Pl. 43; la fig. 4, Pl. 44, montre que les orifices V et V' du cylindre sont alors fermés. Imaginons maintenant qu'on déplace TU extrêmement lentement dans le sens de la flèche f; on va ainsi faire monter le tiroir et, par suite, mettre la partie inférieure a du cylindre en communication avec la chaudière et sa partie supérieure b avec l'atmosphère; le marteau va donc monter et, par suite, en agissant sur les leviers K'MNPRQ, il fera descendre le tiroir et refermera lui-même ses orifices V et V' que le levier TU avait ouverts. Le mouvement de ce dernier étant supposé extrême-

ment lent, le marteau n'acquerra jamais ainsi qu'une vitesse très-faible, et, par suite, il restera suspendu en l'air en un point tel que les deux orifices V et V' soient fermés. A mesure qu'on déplacera lentement TU dans le sens de la flèche f, le marteau montera donc doucement absolument comme si on le tenait à la main, et quand TU occupera sa position extrême TU', le marteau sera rendu à haut de course, car nous avons vu précédemment que le déplacement, imprimé au tiroir par le levier TU allant de U en U', est précisément égal et contraire à celui que le pilon donne au tiroir pendant sa course ascendante tout entière. En d'autres termes, quand TU se déplace très-lentement de U en U', le marteau monte du bas en haut de sa course, et le tiroir reste immobile. Si, à un moment quelconque de ce mouvement, on arrête TU, le marteau s'arrête, lui aussi, en un point tel que les deux orifices V et V' soient fermés, et il y reste suspendu.

Les mêmes phénomènes se passent exactement en sens inverse quand on fait mouvoir TU de U' en U. Le pilon qui nous occupe fonctionne donc exactement dans ce cas comme un véritable servo-moteur dont il a, d'ailleurs, tout à fait la disposition ; rien n'est, par conséquent, plus facile que de maintenir à tout moment le marteau levé pour qu'on manœuvre à volonté les pièces placées sur l'enclume.

Afin qu'on puisse se rendre un compte exact de la distribution de la vapeur dans cet appareil, nous avons tracé (fig. 1, 2, 3 et 4, Pl. 45) des épures analogues aux épures de régulation d'une machine à vapeur et correspondant à quatre positions équidistantes du levier TU supposé immobile (fig. 7, Pl. 45). On y a pris pour abscisses les chemins parcourus par le mouton, et pour ordonnées ceux parcourus par le tiroir ; comme on devait s'y attendre, les lignes A'B'C', A''B''C'', etc., ainsi obtenues, se composent de deux lignes droites, puisque les rainures, pratiquées dans la tige du marteau, sont rectilignes, et que, par ailleurs, le mouvement se transmet par l'intermédiaire de leviers ; il est à remarquer que d'une figure à l'autre c'est la même ligne brisée A'B'C' qui se transporte parallèlement à elle-même de quantités proportionnelles à l'angle dont marche le levier TU. Étant donné sur l'une de ces lignes A''B''C'' un point quelconque M (fig. 2) correspondant à une distance MN du

mouton au-dessus de l'enclume, il suffit de projeter M sur les deux lignes $\alpha\alpha'$, $\beta\beta'$ pour voir de combien les orifices V et V' sont ouverts, soit à l'admission, soit à l'évacuation, et, par suite, pour se rendre compte de la distribution de la vapeur; au premier abord, il pourrait sembler nécessaire de tenir aussi compte des orifices S , et S' , (fig. 7) qui doivent être ouverts pour que l'évacuation ait lieu; mais ceux-ci le sont toujours sauf dans les positions très-elevées du levier TU , et ces dernières ne servent absolument qu'à maintenir le marteau levé; le levier TU se trouve toujours, en effet, situé dans la moitié inférieure de sa course quand le pilon est en mouvement pour forger une pièce, et c'est là le seul cas qui nous occupe en ce moment.

Les épures que nous venons de tracer permettent de déterminer la position d'équilibre que vient occuper le mouton quand on arrête le levier TU en un point de sa course après l'avoir fait mouvoir très-lentement; dans la fig. 2, par exemple, cet équilibre a lieu pour les hauteurs du mouton au-dessus de l'enclume comprises entre MN et $M'N'$. A mesure que TU se meut de 1 vers 4, cette position d'équilibre s'élève également, comme nous l'avions déjà vu précédemment, depuis le bas de course (fig. 4) jusqu'au haut de course (fig. 4).

Voyons maintenant comment l'appareil que nous venons de décrire peut fonctionner comme marteau-pilon. Supposons pour cela par exemple que, le mouton étant au bas de sa course, on fasse passer brusquement le levier TU de la position 1 à la position 2, de telle sorte qu'au moment où nous commençons à étudier les phénomènes, les pièces mobiles occupent les positions indiquées par la fig. 7 (Pl. 43). Traçons des diagrammes représentant le travail produit par la vapeur dans le cylindre; pour cela (fig. 6) prenons une ligne verticale xy sur laquelle nous portons les chemins parcourus par le piston, et occupons-nous d'abord des pressions supportées par sa face inférieure, par exemple; au premier moment considéré, le bas du cylindre communique librement avec la chaudière par l'orifice V' , de sorte que nous avons dans cette partie la pression maximum nA (fig. 6) que le générateur est susceptible de donner dans le cylindre; le marteau monte et par suite fait baisser le tiroir, et la pression nA persiste jusqu'à ce que l'ori-

ifice V' commence à se fermer ; cela a lieu en un point B tel que $mn = MN$ (fig. 2 et 6). A partir de B, il se produit de la détente parce que la hauteur des barrettes du distributeur est un peu plus grande que celle des orifices du cylindre ; on a ainsi la courbe BC. A partir du point C tel que $m'n = M'N'$ (fig. 2 et 6) l'orifice V' commence à se rouvrir par suite du mouvement descendant du tiroir et la partie inférieure du cylindre se trouve en communication avec l'atmosphère, tandis que la vapeur pénètre au même moment dans la partie supérieure de celui-ci ; le mouton ne s'élève plus alors qu'en vertu de sa force vive, et comme la pression de la vapeur ainsi que la pesanteur tendent alors à le faire descendre, il s'arrêtera au bout d'un certain temps quand il aura parcouru le chemin $m'p$ par exemple ; on pourrait déterminer approximativement $m'p$ (en négligeant les frottements) ; mais, comme nous le verrons bientôt, sa valeur exacte n'est pas nécessaire pour le but que nous nous proposons ; nous prendrons seulement $m'p$, beaucoup plus petit que $m'n$, parce que, dans la partie haute du cylindre, la vapeur presse sur toute la surface du piston, tandis que dans la partie basse elle n'agit que sur une couronne annulaire assez étroite.

Comme nous l'avons dit, à partir du point C, le dessous du piston se trouve en communication avec l'atmosphère ; mais, l'avance à l'évacuation étant nulle dans le cas actuel, la contre-pression finale pE ne s'établira qu'au bout d'un certain temps ; nous aurons ainsi la portion de courbe CDE.

Arrivée en E le mouton, dont la vitesse est alors devenue nulle, redescend par son poids et par la pression de la vapeur ; la face inférieure du piston supporte toujours la contre-pression $pF = pE$, ce qui nous donne la courbe FG. A ce moment l'orifice V' est de nouveau fermé par le tiroir ; il se produit une période de compression de G en H, puis l'orifice V' commençant à se rouvrir à la vapeur, celle-ci pénètre sous le piston, et, comme il n'y a pas d'avance à l'admission, la pression définitive ne s'établit qu'au bout d'un certain temps, en I par exemple, et nous avons ainsi jusqu'au bas de course une portion de courbe HIJ dans laquelle on a $nJ = nA$, de même qu'on avait tout à l'heure $pF = pE$.

En étudiant ce qui se passe sur la surface supérieure du piston, on verrait exactement de la même manière que la pres-

sion qu'elle supporte est représentée par les courbes A'B'C'E', F'G'H'J'.

Les lignes que nous venons de tracer donnent lieu en se coupant à quatre diagrammes dont nous désignerons les surfaces par \mathfrak{C} , \mathfrak{C}' , t et t' . Soient en outre S et s la surface totale du piston et la surface annulaire DD' EE' de la *fig. 4*, Pl. 44; les travaux successivement produits par la vapeur dans le cylindre sont égaux à $s\mathfrak{C}$, st , St' , $s\mathfrak{C}'$, le premier et le troisième sont des travaux moteurs qui augmentent la vitesse du piston; les deux autres sont au contraire des travaux résistants qui la diminuent. Si donc on applique au mouton le théorème des forces vives pendant l'intervalle qui s'étend depuis son départ de l'enclume jusqu'à son retour en ce point, on a en appelant

m la masse du mouton et de toutes les parties mobiles,

V la vitesse avec laquelle il frappe l'enclume,

$$\frac{1}{2}mV^2 = s\mathfrak{C} + St' - St - s\mathfrak{C}'$$

ou $\frac{1}{2}mV^2 = s(\mathfrak{C} - \mathfrak{C}') + S(t' - t)$,

puisque le travail de la pesanteur est nul pendant la période considérée.

Comme on le voit à l'inspection des diagrammes de la *fig. 6*, les différences $\mathfrak{C} - \mathfrak{C}'$, et $t' - t$ sont assez fortes; le mouton doit donc donner des coups assez énergiques quand le levier TU occupe la position que nous avons supposée.

Dans la figure que nous venons de tracer, la hauteur $m'\rho$ est la seule que nous n'ayons pas déterminée à peu près exactement; mais, qu'elle soit un peu plus grande ou un peu plus forte que nous l'avons supposé, il en résultera seulement qu'on devra ajouter ou retrancher deux bandes rectangulaires égales aux deux diagrammes t et t' et par suite la différence $t' - t$ qui seule figure dans notre équation ne changera pas; l'erreur que nous avons pu faire à cet égard n'a donc pas d'influence sur la détermination de la vitesse du choc V . La seule inexactitude que nous ayons commise consiste en ce que nous avons négligé l'influence des frottements qui réduisent la valeur calculée ci-dessus pour V ; mais cela ne change en rien les conclusions de la discussion actuelle.

Il est facile de s'assurer que plus TU est voisin de la position 1, plus V est faible. Traçons en effet par exemple les diagrammes qui correspondent à la position 1' intermédiaire entre 1 et 2 en opérant comme nous l'avons fait tout à l'heure; on obtient ainsi la *fig. 5*, et l'on reconnaît alors que dans la position 1' les différences $\mathfrak{C} - \mathfrak{C}'$ et $t' - t$ sont plus faibles que dans la position 2, c'est-à-dire que V est moins grand dans le premier cas que dans le deuxième.

En même temps que la force des coups augmente à mesure que le levier TU s'éloigne de sa position initiale 1, leur rapidité s'accroît aussi comme le prouve l'expérience; cela tient à ce que les forces vives dont le mouton est animé aux divers points de course augmentent avec les produits $s\mathfrak{C}$, St , St' , $s\mathfrak{C}'$ et par suite avec les diagrammes \mathfrak{C} , t , t' , \mathfrak{C}' ; or ces derniers sont notablement plus grands dans la *fig. 6* que dans la *fig. 5*, et l'on comprend facilement que leur augmentation compense et au delà l'accroissement qu'éprouve en même temps la course du marteau.

La force des coups augmentant en même temps que leur rapidité, on se trouverait embarrassé si l'on voulait donner des coups très-légers et faire en même temps fonctionner le marteau avec la vitesse maximum dont il est susceptible. Pour éviter cet inconvénient, le constructeur a établi deux orifices et deux conduits séparés S et S' (*fig. 4*, Pl. 44) pour l'évacuation de la vapeur sortant du dessus et du dessous du cylindre; le premier S, communique toujours en grand avec l'atmosphère; mais le conduit du second orifice S', peut être étranglé à volonté au moyen du robinet W (*fig. 7*, Pl. 44) de façon à maintenir une forte contre-pression sous le piston; on reconnaît qu'en agissant ainsi on influe beaucoup plus sur la valeur de V que sur la rapidité des coups, et par suite qu'on doit arriver par ce moyen à donner des coups très-faibles quoique très-rapides. La manœuvre du robinet W ne se fait qu'une fois pour toutes quand on a à exécuter un travail de forge qui rend sa fermeture utile pendant longtemps; nous verrons d'ailleurs plus loin qu'on peut, par une manœuvre à la main du levier TU, amortir également, quoique avec moins de précision, l'intensité des coups.

La considération des diagrammes de la *fig. 6* va nous per-

mettre encore de reconnaître un fait important : c'est que, au moyen de très-légers changements dans son tiroir, le marteau qui nous occupe se prête parfaitement à toutes les modifications que l'on peut avoir en vue. Trouve-t-on par exemple que, pour la rapidité moyenne des coups frappés, ceux-ci sont toujours trop forts ; il suffit alors de diminuer les recouvrements du distributeur pour réduire autant qu'on le veut la distance mm' (fig. 6) et par suite pour rendre aussi faibles que possible les différences $\bar{e} - \bar{e}'$ et $t' - t$ qui déterminent la valeur de la vitesse V . Celle-ci est-elle au contraire toujours trop faible, on augmentera alors les recouvrements, ce qui produira un effet inverse du précédent. Rien n'est donc plus facile que de se placer avec le marteau Sellers dans telle condition moyenne que l'on veut, et l'on peut ensuite s'en écarter notablement en dessus et en dessous en faisant varier la position du levier TU.

Voyons maintenant si la consommation de vapeur à laquelle donne lieu cet appareil n'est pas exagérée, comme on est d'abord porté à le croire en considérant que l'on dépense un travail égal à $s(\bar{e} + \bar{e}') + S(t + t')$ pour ne recueillir que $s(\bar{e} - \bar{e}') + S(t' - t)$; mais nous allons montrer qu'il est difficile de faire beaucoup mieux si l'on tient à donner un très-grand nombre de coups dans un temps donné. Il est à remarquer, en effet, que les travaux $s\bar{e}$, St , et St' sont absolument nécessaires si l'on tient à avoir pour le mouton la rapidité de mouvement qui existe dans l'engin en question ; chacun d'eux sert à faire parcourir au marteau, avec une certaine vitesse, une portion de sa course, et l'on ne saurait diminuer leur valeur sans agir dans le même sens sur cette vitesse ; la dépense $s\bar{e} + St + St'$ résulte donc de la nature même des marteaux-pilons en général et non du dispositif particulier de celui qui nous occupe : tout ce qu'on peut affirmer, c'est qu'avec un marteau-pilon on ne peut obtenir une succession très-rapide de coups sans une forte dépense de vapeur. Quant au terme $s\bar{e}'$, ce que nous venons de dire des trois autres ne lui est pas applicable ; non-seulement il est inutile, mais encore il est nuisible et cela à deux points de vue. D'abord il amortit la force du coup, et ensuite il diminue en pure perte la rapidité du mouvement ; heureusement qu'il est possible de s'en débarrasser et même de le ren-

placer par un autre qui produit un effet exactement inverse, c'est-à-dire qui augmente à la fois le nombre et l'intensité des coups. Il suffit pour cela que le pilonnier, tenant constamment à la main le levier TU, le fasse baisser brusquement d'une petite quantité pendant la dernière portion de la course descendante du marteau, puis le ramène aussitôt après à sa position première au moment où le coup se produit. Il arrive, en effet, ainsi qu'on maintient pendant toute la course descendante le dessus du cylindre en communication avec la chaudière et le dessous avec l'atmosphère, tout en replaçant les choses dans leur état normal au commencement de la course ascendante suivante. Dans tout marteau Sellers convenablement manœuvré, cette opération, qu'il serait évidemment préférable de pouvoir faire exécuter automatiquement, doit se pratiquer constamment; elle est d'ailleurs facile à cause du faible déplacement qu'elle nécessite pour TU. L'opération en question, quand on la fait en sens inverse du sens précédent, peut évidemment servir à modérer, au besoin, la force des coups; mais comme dans ce cas elle demanderait à être faite avec une grande précision sous peine de voir le marteau s'arrêter avant d'atteindre la pièce à forger, on préfère faire alors usage du robinet W de la *fig. 4* (Pl. 44) dont il a été question précédemment.

Un dernier point à signaler relativement au sujet qui nous occupe, est la grande dépense de vapeur que le marteau Sellers exige en pure perte quand on n'utilise pas toute la hauteur de chute, et qui est due à l'énorme espace mort qui se trouve alors au-dessus du cylindre, et qui se remplit inutilement de vapeur à chaque coup; mais c'est là un inconvénient qu'il partage avec tous les marteaux à double effet. Il serait possible d'ailleurs qu'on puisse, dans le cas actuel, le diminuer sensiblement en plaçant le levier TU dans la position qu'il doit occuper pour que le mouton arrive toujours à peu près à haut de course; on réglerait alors la rapidité des coups en ouvrant plus ou moins la soupape du tuyau d'arrivée de vapeur, et leur intensité au moyen du robinet W de la *fig. 4* de la Pl. 44. Il n'y aurait sans doute rien d'impossible à opérer de cette manière, mais nous ne croyons pas qu'elle soit usitée. Il convient d'ailleurs de remarquer que la quantité de vapeur que dépense un marteau-pilon

de moyenne grandeur n'a presque toujours qu'une importance secondaire, et quelquefois même une importance nulle.

Il résulte, pensons-nous, de l'étude qui précède, que le marteau Sellers est un engin qui est appelé à rendre d'excellents services toutes les fois qu'il s'agit de frapper des coups rapides. Sa construction est très-simple et se prête aux combinaisons les plus variées. Une fois les conditions moyennes de fonctionnement établies pour l'ensemble des travaux auxquels il est destiné, rien n'est plus facile que de s'en écarter notamment à tout instant, suivant la nature particulière de l'opération à effectuer. En outre, la manœuvre de cet engin consiste uniquement dans le déplacement d'un seul levier, avec lequel on tient à volonté le mouton suspendu en l'air au point que l'on désire et qui règle la force et l'intensité des coups. Enfin, comme nous avons pu le constater sur un appareil de ce genre établi depuis plusieurs années dans les ateliers du chemin de fer de Lyon à Paris, il ne donne lieu à aucun choc dans le mécanisme du tiroir, bien que celui-ci soit invariablement relié à la tige du piston; ce fait est évidemment dû, au moins en partie, à ce qu'aucune pièce du renvoi de mouvement du tiroir n'est animée d'une vitesse considérable, et, par suite, il n'y a pas, aux renversements de marche, de grandes forces vives à éteindre.

Le marteau que nous avons vu fonctionner au chemin de fer de Lyon présente quelques différences dans les renvois de mouvement du tiroir avec celui qui était exposé à Vienne, et dont les Pl. 43 et 44 représentent fidèlement toutes les dispositions. Les points qui diffèrent dans le premier de ceux-ci sont représentés sur la Pl. 46. Au lieu d'un cadre embrassant la portion supérieure de la tige du piston et animé d'un mouvement horizontal de va-et-vient, on a un petit arbre MN (*fig. 2 et 3, Pl. 46*) qui pénètre dans le chapeau en fonte AA'BB', et porte à son extrémité intérieure une manivelle MP; cette dernière est munie d'une touche en bronze RR' qui pénètre dans la rainure unique FF' d'une profondeur constante, mais oblique par rapport à la verticale. Quand le marteau monte ou descend, la manivelle MP se trouve animée d'un mouvement oscillatoire qui se transmet à l'arbre MN et de là au tiroir. Il paraît que M. Sellers a abandonné cette disposition parce que le presse-étoupes D était sujet à fuir, mais c'est là un inconvénient.

nient minime. En outre, dans le nouveau modèle représenté par les Pl. 43 et 44, l'ajustage et la mise en place des deux guides hh' , ll' (fig. 4, Pl. 43) qui s'engagent dans les deux rainures obliques pour empêcher le mouton de tourner présentent des difficultés sérieuses; dans la Pl. 45, au contraire, ce résultat est obtenu très-simplement au moyen des guides m et m' . Nous pensons donc que l'ancienne disposition est pour le moins tout aussi bonne que la nouvelle.

Pour en finir avec le marteau Sellers, il nous reste à décrire la disposition particulière du marteau proprement dit pp' (fig. 4 et 8, Pl. 43), qui se fixe, au moyen d'une clavette j , dans la pièce en fonte uu' ; cette dernière est fixée sur la tige parfaitement cylindrique du marteau au moyen d'une bague fendue rr' , en acier. En chassant la clavette j , le marteau pp' tombe et il ne reste plus qu'à donner un léger coup de pilon sur un bloc ayant un diamètre moindre que la tige dd' ; la pièce uu' et la bague rr' glissent alors sur la tige cylindrique dd' et se séparent d'elle. Ce dispositif permet de faire le presse-étoupes inférieur du cylindre en une seule pièce; il donne également la facilité de changer à volonté le marteau, et il constitue en outre un préservatif contre les avaries de la tige de l'appareil.

Dans le marteau exposé à Vienne par M. Sellers, le poids du mouton et des pièces mobiles est de 295 kilogrammes, et la course maximum de 0^m,457. Cet industriel fabrique des engins du même type, depuis 136 kilogrammes, avec une course de 0^m,394 jusqu'à 7 109 kilogrammes, avec une course de 1^m,829. À partir de 1 523 kilogrammes, les bâts sont à deux montants; au-dessous de cette dimension, ils n'en ont qu'un comme le marteau représenté sur les Pl. 43 et 44.

Marteau-pilon Massey. — L'étude détaillée que nous venons de faire de l'appareil Sellers nous dispensera de nous étendre sur un grand nombre d'autres marteaux dont le mécanisme longuement automoteur présente de grandes analogies avec le sien. Tel est, par exemple, celui qui est exposé par M. Massey de Manchester et qui est représenté par la Pl. 48. Il est à double effet et automoteur, et peut également se manœuvrer à la main. Quand le mouton A monte ou descend, le galet fixé en un point de sa face arrière force le levier courbe CD, pressé par le ressort RR', à osciller autour du point C, et par suite im-

prime au tiroir cylindrique G un mouvement vertical de va-et-vient qui met alternativement le dessus et le dessous du cylindre HH' en communication avec la chaudière et avec l'atmosphère, Le piston de l'appareil sera donc animé, lui aussi, d'un mouvement indéfini de va-et-vient absolument comme le piston d'une machine à vapeur.

Le point C' autour duquel tourne le levier CD, peut varier de position ; il suffit pour cela de déplacer le levier à main EF. On change ainsi la suspension du tiroir, et comme dans le système Sellers, on modifie par ce moyen la course du mouton, ainsi que la force et la rapidité de ses coups. En manœuvrant d'ailleurs EF avec une lenteur suffisante, on fait monter ou descendre le marteau comme on veut, et on l'arrête à volonté en un point quelconque de sa course.

Le tiroir G peut être mis en mouvement non-seulement par le mouton, mais encore par le levier à main LL' mobile autour de l'axe M ; on peut donc, en manœuvrant ce dernier, modifier à volonté la régulation que l'appareil se donne automatiquement quand on l'abandonne à lui-même. Enfin un tiroir S, mû par le levier RR', a pour but d'ouvrir ou d'intercepter l'arrivée de vapeur.

Il résulte de ce qui précède que le marteau Massey présente l'analogie la plus grande avec celui de Sellers, et l'on pourrait à son sujet recommencer une étude tout à fait pareille à celle que nous avons faite précédemment. Comme nous n'arriverions ainsi à aucune conclusion nouvelle, nous nous dispenserons de ce soin ; nous nous bornerons seulement à faire remarquer que M. Massey a cru devoir munir son pilon de deux leviers EF, LL' qui permettent, chacun de leur côté, de déplacer le distributeur ; c'est là une disposition qui nous paraît augmenter la complication des manœuvres sans donner aucun avantage sérieux. Par ailleurs, le marteau Massey paraît bien entendu, sa construction est soignée, et son fonctionnement est satisfaisant. Les divers détails de chacune de ses parties sont représentés avec assez de clarté sur la Pl. 48 pour qu'il soit inutile d'insister davantage à son égard.

Les dimensions principales du spécimen exposé à Vienne sont les suivants :

Poids des pièces mobiles.		226 kil.
Diamètre du cylindre.		0 ^m ,229
Course maximum.		0 ^m ,533
Poids de l'appareil non compris le porte-enclume.		2 176 kil.
Poids du Porte-enclume.		1 813 kil.

Le constructeur fabrique des marteaux de ce système depuis 22 kilogrammes jusqu'à 680 kilogrammes. Voici les dimensions du plus petit et du plus grand :

	POIDS mobile.	DIAMÈTRE du cylindre.	COURSE maximum.	POIDS de l'appareil sans le porte- enclume.	POIDS du porte- enclume.
Marteau de 22 kil. . .	22	0,114	0,280	590	230
Marteau de 680 kil. . .	680	0,340	0,762	5 900	5 440

Ces appareils sont destinés à fonctionner avec de la vapeur ayant une tension de 2 à 3 atmosphères.

Marteau-pilon Thwaites et Carbutt. — MM. Thwaites et Carbutt, de Bradford (Angleterre), exposent un marteau-pilon de 317 kilogrammes dont le mode général de fonctionnement est le même que celui des deux appareils précédents, et qu'ils destinent spécialement au travail de l'acier. La Pl. 49 donne une idée de ses dispositions d'ensemble; il est à double effet et marche à volonté, soit automatiquement, soit à la main. Le mouvement automatique est donné par le bouton A qui s'engage dans la rainure BC creusée dans le mouton, et qui imprime un mouvement oscillatoire aux deux leviers AD, DE; ce dernier porte la tige EG du tiroir de distribution qui est cylindrique et à trois orifices. Le centre d'oscillation D des deux leviers est fixé sur un petit plateau MN qui peut tourner autour de son centre H au moyen du levier HH' (fig. 1 et 2); en faisant occuper à celui-ci diverses positions, on change la suspension du tiroir, et l'on modifie, par suite, la course du marteau de la même manière que cela a lieu pour les deux appareils étudiés précédemment.

L'arrivée de la vapeur dans le haut et dans le bas du cylindre se fait au moyen de deux conduits séparés qui peuvent être

ouverts indépendamment l'un de l'autre par les leviers L et P ; ceux-ci font, en effet, mouvoir au moyen de renvois de mouvements les deux tiges indépendantes Q et R placées dans le prolongement l'une de l'autre et portant à leurs extrémités des tiroirs cylindriques qui ouvrent ou ferment les deux conduits en question.

Pour se servir de ce marteau, on place le levier HH' dans la position qui donne à peu près la course voulue, puis en manœuvrant convenablement L et P, on règle à volonté et séparément la quantité de vapeur introduite dessus et dessous le piston et, par suite, la force des coups.

Un avantage de cette disposition consiste en ce que si l'on a à frapper des coups faibles qui n'ont pas besoin d'être très-rapides, on peut faire fonctionner le marteau à peu près comme s'il était à simple effet ; il suffit pour cela de maintenir très-peu ouvert le conduit de vapeur qui aboutit dans le haut du cylindre ; la distribution automatique s'opère toujours alors comme précédemment ; mais puisqu'on ne laisse arriver qu'extrêmement peu de vapeur au-dessus du piston (juste assez pour ne pas avoir de vide par exemple), les choses se passent à très-peu près comme dans un marteau à simple effet ; on dépense ainsi beaucoup moins de vapeur que si, en laissant celle-ci affluer librement dans le cylindre, on obtenait une faible intensité de coups en réduisant la course ; car on sait que, dans ce cas, il se trouve au-dessus du piston d'énormes espaces morts qui se remplissent inutilement de vapeur à chaque descente du mouton.

Cet avantage, bien que réel, ne nous paraît pas devoir compenser la complication qui résulte nécessairement de la manœuvre de trois leviers ; on doit cependant reconnaître que cet appareil est susceptible de rendre d'excellents services ; il est solidement construit, bien exécuté et bien étudié dans toutes ses parties.

Outre le marteau de 317 kilogrammes exposé à Vienne, MM. Thwaites et Carbutt en construisent de 508 kilogrammes et de 1 523 kilogrammes qui sont également destinés au forage de l'acier ; ils fonctionnent avec de la vapeur à 4 atmosphères ; ceux de 317 kilogrammes peuvent donner, paraît-il, de 300 à 400 coups par minute.

Marteaux-pilons Brinkmann. — Le marteau-pilon de 400 kilogrammes de M. Brinkmann (à Witten-sur-la-Ruhr, Westphalie) est automoteur et à double effet. Comme on le voit sur la *fig. 1* de la Pl. 50, le levier AB a l'une de ses extrémités fixée au mouton et est ainsi forcé d'osciller autour du point fixe C; au moyen de la bielle BD, il imprime à son tour au levier DE un mouvement d'oscillation autour du point G et communique aussi à la tige F d'un tiroir cylindrique un mouvement vertical de va-et-vient. Le point G occupe lui-même différentes positions quand on manœuvre à la main le levier HK. Un second levier L permet d'établir ou de supprimer la communication avec la chaudière; quant à la vapeur évacuée, elle se rend par le tuyau M dans le bâti creux S et de là dans l'atmosphère par le tuyau T.

La description qui précède montre que, sauf le mode de transmission du mouvement du marteau au premier levier AB, le mécanisme Brinckmann est le même que celui de Sellers; les deux appareils doivent donc fonctionner de la même manière; la seule remarque à faire à ce sujet, c'est qu'avec la disposition qui nous occupe l'extrémité A du levier AB est animée d'une vitesse assez grande (la même que celle du mouton), et que, par suite, le mécanisme du tiroir est plus exposé aux avaries que chez Sellers où, dès l'origine de la transmission de mouvement, la vitesse est réduite; mais cet inconvénient ne paraît pas être bien sérieux, et l'on doit reconnaître que le dispositif en question est plus simple que celui du constructeur américain. Le marteau que nous venons de décrire nous semble donc être un excellent engin quand on a à exécuter des travaux demandant une grande rapidité de coups.

Marteau-pilon Banning. — Le marteau-pilon de M. Banning (de Hamm, Westphalie) est automoteur à double effet et à course variable comme les précédents; seulement le tiroir, au lieu d'être mû d'une manière continue par le mouton, est actionné à chacun des bouts de course seulement de ce dernier. La *fig. 2* de la Pl. 50 donne une idée du mécanisme employé à cet effet; l'extrémité A du levier AC glisse dans la coulisse HH'KK' ménagée sur le marteau, tandis que le point C vient frapper à chaque bout de course contre les butoirs D et E fixés sur la tige M du tiroir. Le centre d'oscillation B du le-

vier AC est fixé, comme dans le marteau Thwaites et Garbutt, sur un petit plateau PQ qu'on peut faire tourner autour de son centre F au moyen du levier à main G; on peut ainsi faire varier la position du point B, et l'on change par ce moyen la course du mouton. Avec une disposition de cette espèce, il doit se produire des chocs dangereux pour le tiroir dès que le nombre de coups par minute devient considérable; le marteau Banning ne saurait donc être appelé à lutter avec les précédents sous le rapport de la rapidité de la marche.

Marteau-pilon de la Fabrique de machines de Saxe à Chemnitz (ancienne usine Richard Hartmann). — La Fabrique de machines de Saxe (Sächsische Maschinen-Fabrik) à Chemnitz expose un marteau-pilon à double effet qui peut se manœuvrer, soit automatiquement, soit à la main, et qui est représenté par la Pl. 51. La distribution de la vapeur se fait au moyen de quatre soupapes à double siège A, B, C, D (fig. 2), chacune d'elles réglant séparément l'introduction ou la sortie de la vapeur dessus ou dessous le piston. Ces soupapes sont commandées par des leviers clavetés sur l'arbre EE', et, par suite de la position qu'elles occupent, deux d'entre elles se ferment quand les deux autres s'ouvrent.

Le mouvement automatique est obtenu au moyen du levier FG que le mouton fait osciller autour du point F et qui imprime un mouvement alternatif aux deux tringles JK et KL quand l'extrémité J de la première, qui est mobile dans le cadre HH', ne se confond pas avec l'axe de rotation F du levier FG. Si, au contraire, on veut opérer la distribution à la main, il suffit de faire tourner la manivelle I jusqu'à ce que J vienne en F; les soupapes se manœuvrent alors au moyen du levier NP et des tiges NM et MK. Cette possibilité de rendre le distributeur complètement indépendant du mouvement n'existe pas dans les appareils précédents.

Le mécanisme que nous venons de décrire permet évidemment de faire varier la course automatique du marteau en changeant, soit la position du levier P, soit celle du point J dans l'intérieur du cadre HH'; il se produit alors des phénomènes analogues à ceux que nous avons étudiés précédemment.

Il convient de faire remarquer la forme que les constructeurs ont donnée au levier FG, et qu'indiquent les fig. 1, 2 et 3. Il est

très-large, mais peu épais afin qu'il fasse ressort à chaque renversement de marche, de façon à empêcher des chocs trop violents dans les soupapes. Malgré cette précaution, il paraît difficile que des distributeurs de ce genre fonctionnent convenablement à de grandes vitesses; un tiroir ordinaire est bien préférable et en même temps plus simple. On doit, en outre, observer que l'utilité de rendre à volonté le distributeur complètement indépendant du mouvement du mouton semble très-contestable, et nous croyons préférable de faire usage, soit de marteaux manœuvrés uniquement à la main, soit d'appareils toujours automoteurs dans lesquels on peut, comme nous l'avons vu, modifier à son gré la régulation; on y gagne ainsi en simplicité tout en ayant des engins parfaitement appropriés aux travaux qu'on est appelé à exécuter avec des marteaux de la grandeur que comportent les appareils de ce système.

Le marteau-pilon que nous venons de décrire est de 600 kilogrammes; le diamètre de son cylindre est de 0^m,340 et sa course de 0^m,620; le poids total, non compris la chabotte, est de 3 900 kilogrammes, et celui de ce dernier organe est de 8 000 kilogrammes.

Les constructeurs en fabriquent du même système depuis 100 kilogrammes jusqu'à 5 000 kilogrammes. Voici les dimensions principales de ces derniers :

POIDS mobile.	DIAMÈTRE du cylindre.	COURSE maximum.	POIDS de l'appareil.	POIDS de la chabotte.
kil. 100	mèt. 0,175	mèt. 0,300	kil. 2 900 (y compris la chabotte)	kil. "
5 000	0,740	1,850	30 000	50 000

Au-dessous de 500 kilogrammes les soupapes de distribution sont remplacées par des robinets. Quant aux bâtis, ils ont deux montants ou bien un seul comme dans la Pl. 51, suivant que l'appareil est au-dessus ou au-dessous de 1 000 kilogrammes.

Marteau-pilon automoteur de la Fabrique de machines-outils de Chemnitz (ancienne usine Zimmermann) à Chemnitz.—La Fabrique de machines-outils de Chemnitz (Chemnitzer

Werkzeugmaschinen-Fabrik) expose deux marteaux-pilons, l'un automoteur de 70 kilogrammes, l'autre de 1 500 kilogrammes manœuvrable seulement à la main. Nous allons nous occuper d'abord du premier d'entre eux qui est représenté par la *fig. 1* de la Pl. 52 et par les *fig. 1 et 2* de la Pl. 53. Il est à double effet et fonctionne à volonté, soit automatiquement, soit avec la main ; son mécanisme rappelle beaucoup celui de l'appareil précédent. Le levier AB (*fig. 1*, Pl. 52) est animé par le mouton d'un mouvement oscillatoire qui se transmet au robinet de distribution R par l'intermédiaire des tringles CD et DE. La manivelle L permet de déplacer l'extrémité C dans l'intérieur du cadre VV' qui est claveté sur le même axe que le levier AB et qui participe ainsi à tous les mouvements de ce dernier. Suivant qu'on veut marcher ou non automatiquement, on fait occuper au bloc C l'extrémité de droite ou celle de gauche du cadre VV' ; dans le dernier cas, en effet, le mouvement d'oscillation du levier AB a assez peu d'influence sur le robinet R pour que la distribution de vapeur ne se fasse pas.

Pendant le mouvement automatique le levier HK est maintenu fixe au moyen d'une vis de pression, et, par suite, le point G ne change pas alors de position. Dans la manœuvre à la main, au contraire, c'est en déplaçant HK que l'on fait monter ou descendre le marteau. Il est clair d'ailleurs qu'on peut, avec cet appareil comme avec les précédents, faire varier la course.

La Pl. 53 montre la disposition intérieure du distributeur et des conduits de vapeur ; c'est par le tuyau U que celle-ci pénètre dans l'appareil quand le robinet M est ouvert ; elle a accès au distributeur R par les carneaux S, S', et c'est en Q que se fait l'échappement.

Comme dans le marteau-pilon précédent, l'utilité de supprimer à volonté le mouvement automatique ne paraît obtenue qu'au prix d'une moins grande simplicité de manœuvre, sans offrir d'avantages réels ; en outre, le robinet R serait avantageusement remplacé par un tiroir.

Les constructeurs ne construisent pas d'appareil de cette espèce au-dessus de 600 kilogrammes ; voici quelques-unes des dimensions du plus grand et du plus petit modèle de ce type :

POIDS MOBILE.	COURSE MAXIMUM.	POIDS DE L'APPAREIL
kil. 70	mèt. 0,280	kil. 2 200
600	0,620	3 750

Ces marteaux sont alimentés avec de la vapeur à 5 atmosphères.

Marteau-pilon non automoteur de la Fabrique de machines-outils de Chemnitz (ancienne usine Zimmermann). — Les constructeurs du marteau que nous venons de décrire en exposent un autre de 1 500 kilogrammes qui est représenté sur la Pl. 54. Il est à double effet, et on le manœuvre à la main au moyen du levier H. Quand le mouton atteint le point le plus élevé de sa course maximum, il renverse lui-même son mouvement au moyen du galet A qui vient buter contre la came B clavetée sur le même axe que le levier à main H.

Les *fig.* 2 et 3 permettent de se rendre un compte exact de la disposition intérieure de cet appareil qui ne présente rien de nouveau; nous nous bornerons seulement à faire remarquer la présence de la soupape DD' qui s'ouvre de dehors en dedans, de façon à laisser rentrer l'air atmosphérique dans le haut du cylindre quand on veut marcher à simple effet; il suffit pour cela de ne pas faire descendre le levier H jusqu'à l'extrémité inférieure de sa course; car on arrive ainsi à ne pas démasquer l'orifice L (*fig.* 3) tout en permettant à la vapeur contenue dans le bas du cylindre de s'évacuer dans l'atmosphère par l'orifice P.

Martin-pilon système Naylor. — Le marteau-pilon de 150 kilogrammes de la Compagnie des forges de Kirkstall, à Leeds (The Kirkstall Forge Company), est construit d'après le système bien connu de Naylor. Il est à double effet, automoteur et à course variable. Le renversement de la vapeur est obtenu au moyen de cames contre lesquelles vient buter un galet porté sur le mouton, et la position de celles-ci peut varier au moyen de leviers. Le tiroir est cylindrique; un levier fixé sur sa tige permet de le faire tourner autour de son axe, ce qui change la grandeur des orifices de passage de la vapeur. Toutes

ces dispositions sont bien connues ; elles donnent, comme on le sait, de bons résultats ; néanmoins on doit remarquer que plusieurs des appareils décrits précédemment ont un mécanisme plus simple et complètement à l'abri des chocs, tout en permettant de faire subir au moins tout autant de modifications au mode de fonctionnement du marteau, et d'atteindre en outre une vitesse de marche plus grande que celle qu'on peut réaliser dans de bonnes conditions avec le système des cames Naylor.

Dans le marteau exposé, le diamètre du cylindre est de 0^m,23 et la course maximum de 0^m,46 ; il peut donner, paraît-il, près de 200 coups par minute.

Marteau-pilon de Davis et Primrose. — MM. Davis et Primrose de Leith (Écosse) exposent un marteau-pilon à double effet qui est automoteur seulement pour la chute ; c'est en venant frapper contre la touche A (fig. 2 et 3, Pl. 52) que le mouton renverse lui-même son mouvement quand il est arrivé au sommet de sa course. Pour le faire remonter une fois qu'il a frappé l'enclume, il faut lever à la main le levier H.

Le tiroir est cylindrique et se compose (fig. 3) de deux petits pistons M et N entre lesquels se trouve toujours comprise la vapeur venant de la chaudière ; c'est par le tuyau D que se fait l'échappement.

Ces dispositions ne sont pas nouvelles ; elles ont l'avantage d'être très-simples, mais elles ne permettent pas de réaliser la grande rapidité de mouvement qu'on obtient avec les mécanismes qui sont automoteurs pour la levée comme pour la descente ; il est en effet difficile avec cet appareil d'arriver à frapper cent coups par minute.

Marteau-pilon Escher, Wyss et comp. — La succursale que la maison Escher, Wyss et comp. de Zurich a établie à Leesdorf (Autriche) expose un marteau-pilon qui est exactement du même type que celui que MM. Farcot avaient fait figurer à l'Exposition de 1867. Il est inutile par conséquent de le décrire. (Voir les Comptes rendus de la Commission de la marine à l'Exposition de 1867.) Le diamètre de son cylindre est de 0^m,330, sa course de 0^m,700 et le poids du marteau et de sa tige de 400 kilogrammes.

Marteau-pilon de l'Établissement de la Marche pour la construction des machines (ancienne usine Kamp). — Le marteau-pilon de 15 000 kilogrammes, à simple effet, qu'expose l'Établissement de la Marche pour la construction des machines (Märkische Maschinenbau-Anstalt, à Wetter-sur-la-Ruhr, royaume de Saxe) mérite une mention particulière à cause de la forme de ses bâtis qui ont été disposés de façon à ménager un vaste espace libre tout autour de l'enclume. La facilité de dégagements, qui est souvent insuffisante dans les appareils de ce genre, est ici aussi grande qu'on peut le désirer. Les bâtis ordinaires en fonte J et J' (*fig. 1*, Pl. 55) reposent sur un long entablement en tôle KK' qui est lui-même porté par les deux colonnes de même matière H et H'. L'écartement d'axe en axe de celles-ci est de 6^m,27 et leur diamètre à mi-hauteur de 1^m,40; entre le dessus de l'enclume et la partie inférieure GG' des bâtis il reste une hauteur libre de 1^m,30. Quant aux dispositions intérieures du marteau, elles sont représentées par les *fig. 2, 3, 4* de la Pl. 56. L'arrivée de la vapeur se fait en A et la soupape équilibrée M manœuvrée par le volant T (*fig. 1*, Pl. 55) permet de la faire pénétrer en quantité plus ou moins grande dans l'appareil. La distribution est opérée par deux autres soupapes P et Q à double siège comme la précédente, et disposées de telle sorte que l'une d'elles s'ouvre quand l'autre se ferme; elles sont actionnées toutes les deux par le même levier RS sur lequel agit le pilonnier; le marteau détermine lui-même sa chute quand il est arrivé au point le plus élevé de sa course maximum. Il convient également de remarquer la disposition du conduit FF' (*fig. 2*, Pl. 56) qui met le dessus du cylindre en communication avec l'atmosphère et qui est installé de telle sorte que, pendant la chute du mouton, c'est de la vapeur évacuée et non pas de l'air froid qui rentre dans l'appareil; on doit aussi évidemment diminuer d'une manière sensible la condensation de vapeur qui se produit à chaque course descendante sur les parois du cylindre.

Le spécimen exposé a un diamètre de cylindre égal à 1^m,40 et une course de 2^m,51; son poids sans enclume est de 37 000 kilogrammes. La même usine en construit également d'autres du même type ayant 2^m,040 et 1^m,805 de course avec un diamètre de cylindre de 0^m,942 et 0^m,863; le premier d'entre eux

est de 10 000 kilogrammes, et le deuxième de 7 500 kilogrammes.

Marteau-pilon Schultz et Göbel. — MM. Schultz et Göbel de Vienne exposent un marteau-pilon à simple effet de 2800 kilogrammes qui ne présente rien de particulier à signaler que la forme de ses bâts ; ceux-ci sont disposés tout à fait de la même manière que ceux de l'appareil précédent, seulement les deux grosses colonnes sur lesquelles repose l'entablement en tôle sont en fonte ; leur diamètre au milieu est de 0^m,95, leur hauteur de 1^m,45 et leur écartement d'axe en axe de 4^m,20. Les poutres en tôle qu'elles supportent ont 0^m,80 de haut.

Dans ce marteau la distribution de la vapeur est obtenue au moyen de deux soupapes équilibrées mues par un même levier à main ; quand l'une d'elles s'ouvre, l'autre se ferme. En arrivant au sommet de sa course, le mouton les fait manœuvrer automatiquement de façon à déterminer lui-même sa chute ; pour opérer le relèvement, il faut agir sur le levier à main dont nous venons de parler.

Marteau frappeur de Davies. — Dans l'exposition anglaise on remarque un modèle de petit moteur d'un système particulier imaginé par M. Davies. Il a déjà figuré à plusieurs expositions et reparait à Vienne sous la même forme, qui a été souvent décrite. On sait qu'il se compose essentiellement d'un petit marteau fixé à l'extrémité d'un levier qui est animé d'un mouvement oscillatoire par le moyen d'un cylindre à vapeur. Tout l'ensemble de l'appareil peut tourner autour d'un axe de rotation vertical, de façon à desservir plusieurs enclumes disposées en cercle autour de lui ; il peut en outre s'incliner de façon à frapper la pièce à forger sous une inclinaison quelconque et à donner même au besoin des coups horizontaux.

Le constructeur de cet instrument le destinait à remplacer les marteaux à main des forgerons ; on nous a dit qu'il avait été essayé, il y a plusieurs années, dans quelques usines de l'Angleterre, mais qu'on avait maintenant complètement renoncé à son emploi ; on n'a pas tardé à reconnaître qu'il était plus simple et plus facile de retourner à volonté sur l'enclume la pièce à forger plutôt que de faire obliquer tout l'appareil.

A côté du petit modèle dont nous venons de parler, se trouve un petit marteau du même constructeur qui diffère du précédent

dent en ce qu'il peut simplement s'obliquer sur l'enclume, sans recevoir de mouvement de rotation d'ensemble autour d'un axe vertical.

Marteau-pilon de l'usine de Perm. — La fabrique de canons d'acier établie à Perm en Russie possède un marteau-pilon à double effet de 5 0000 kilogrammes, dont un petit modèle figure à l'Exposition de Vienne et permet de comprendre, au moins d'une manière approximative, les diverses parties du mécanisme. La Pl. 57 donne une idée de ses dispositions d'ensemble. L'arrivée de vapeur se fait en C, et l'échappement en D ; la quantité de vapeur introduite se règle au moyen du levier à main B par l'intermédiaire des tiges EE'E''E''' et de la valve F. Le distributeur est un robinet conique R qui est mis en mouvement de la manière suivante par un petit cylindre à vapeur spécial placé entre les deux bâts de droite M. La tige du piston de ce cylindre se prolonge au-dessus de son couvercle par une crémaillère qui engrène avec un pignon claveté sur l'axe KK' ; quand le piston monte ou descend, il fait tourner dans un sens ou dans l'autre l'arbre KK' et par suite le robinet R grâce à la bielle L et à deux petites manivelles fixées sur KK' et sur l'axe de R. Pour mettre en mouvement la tige en question, il suffit de lever ou de baisser le levier A auquel est reliée la tige du tiroir du cylindre ; on introduit ainsi à volonté de la vapeur dessus ou dessous le piston. Quand le mouton atteint le point le plus élevé de sa course maximum, il renverse lui-même son mouvement, en pressant sur le ressort I qui, par l'intermédiaire des tiges IH, HG, manœuvre le tiroir comme on pourrait le faire à la main en agissant sur le levier A.

Avec la disposition que nous venons de décrire, il est nécessaire de faire usage de butoirs élastiques pour arrêter le piston du cylindre auxiliaire quand il arrive à bout de course ; à cet effet la tige de celui-ci se prolonge au-dessous de lui, traverse le couvercle inférieur du cylindre et vient se fixer à un plateau qui, en arrivant à l'extrémité de sa course, rencontre des ressorts qui amortissent le choc. La position de ces butoirs peut varier quand on fait tourner la manivelle N ; on règle ainsi à volonté l'ouverture du distributeur R ; on peut, en particulier, en réduisant à moitié l'angle maximum dont il peut tourner, empêcher la vapeur de s'introduire dans la partie haute du

cylindre du marteau, et faire fonctionner celui-ci à simple effet.

La disposition des bâts est suffisamment indiquée par la Pl. 53; l'entablement en tôle SS' a 4^m,12 de haut et 8^m,50 de long. Les bâts en fonte qui reposent sur lui portent de chaque côté quatre rainures dans lesquelles viennent s'engager quatre nervures UU' ménagées sur les faces latérales du mouton de façon à bien guider celui-ci dans sa course.

Les fondations nécessitées par l'installation de cet énorme engin se composent de deux parties bien distinctes et complètement indépendantes l'une de l'autre quoique juxtaposées; l'une d'elles est destinée à la chabotte, l'autre supporte le marteau. La première comprend d'abord une couche de poutres de mélèze reposant sur un sol de schiste argileux et compacte; au-dessus de celles-ci on a placé trois rangs de pierres de taille en grès comprenant trente-six pierres dont chacune pèse de 16000 à 20000 kilogrammes; elles sont elles-mêmes recouvertes de deux couches de poutres de bois de mélèze sur lesquelles est établie la chabotte; cette dernière est d'un seul morceau et pèse 620000 kilogrammes.

La deuxième partie des fondations, qui est destinée à supporter tout le reste de l'appareil, entoure de toutes parts la première, et elle se compose de maçonnerie en grès faite avec des pierres pesant chacune au moins 1600 kilogrammes, et reposant sur un rang de pieux en pin enfoncés à coups de mouton dans le sol jusqu'au niveau du fond de la fosse; entre ces pieux et la maçonnerie, on a interposé une couche de grès fin pilonné à la vapeur afin de le rendre plus compacte. Par-dessus cette maçonnerie se trouvent des poutres de mélèze sur lesquelles est placé directement l'appareil.

La surface totale recouverte par toutes les fondations dont nous venons de parler forme un rectangle de 21^m,30 de long sur 18 mètres de large, ce qui donne une superficie de 383 mètres carrés.

Voici les principaux chiffres qui nous paraissent intéressants à citer relativement à cet engin colossal :

Diamètre du cylindre	2 ^m ,10
Hauteur du cylindre	4 ,26
Poids du cylindre	62 240 ^k
Poids de l'entablement en fonte qui supporte le cylindre	37 660

Poids des deux bâts en fonte.	86 800 ^k
Poids de l'entablement en tôle qui supporte les deux bâts précédents.	45 000
Poids des deux colonnes en tôle.	27 200
Poids du piston et de sa tige (en acier).	27 000
Poids du mouton (en fonte).	23 000
Poids de la chabotte (en une pièce).	620 000 ^k

Cet appareil est desservi par des grues à vapeur reposant sur les mêmes fondations que lui.

Marteau Schwabe. — M. Schwabe, de Vienne, expose un marteau de très-petites dimensions dont la *fig. 3* de la Pl. 50 représente le mécanisme ; c'est, comme on le voit, exactement le même système que celui qui a paru en 1867 sous le nom de MM. Schaw et Justice, de Philadelphie. La bielle AB, mue par le plateau CD sur lequel elle est fixée au point A, imprime au marteau guidé par la pièce P un mouvement vertical de va-et-vient ; la longueur de la bielle peut varier au moyen de la tige filetée R qu'on tourne dans un sens ou dans l'autre. L'appareil est mis en mouvement au moyen d'une courroie qui peut à volonté passer sur la poulie motrice G ou sur la poulie folle H ; dans ce dernier cas, un frein K vient aussitôt presser le plateau CD de façon à arrêter le mouvement et à maintenir le marteau suspendu en l'air. La seule différence que présente le marteau Schwabe avec celui de Schaw et Justice consiste dans le remplacement des lanières en cuir qui fixaient le marteau à la bielle AB par un ressort Z tout à fait analogue aux ressorts de voiture ; dans la partie milieu, il se compose de six lames d'acier superposées qui se réduisent à une seule aux extrémités.

Les marteaux de ce genre sont certainement susceptibles de rendre de très-bons services pour de petits travaux de forge ; nous ne croyons pas cependant que leur emploi se soit généralisé.

POMPES A VAPEUR

Par M. MADAMET, Ingénieur de la marine.

Il y a déjà longtemps qu'on a cherché à réduire à la forme la plus simple possible les pompes à vapeur employées à l'élévation des eaux. Les divers inventeurs qui se sont appliqués à résoudre ce problème ont eu presque toujours pour objectif de supprimer l'arbre qui, dans les mécanismes ordinaires, reçoit son mouvement de la machine pour le transmettre ensuite à la pompe, et ils se sont ainsi trouvés conduits à des engins composés de deux cylindres dont les axes sont situés dans le prolongement l'un de l'autre, et dont les pistons sont fixés sur une tige commune; l'un de ceux-ci est poussé par la vapeur, tandis que l'autre force l'eau aspirée à s'échapper par le tuyau de refoulement. Ces appareils ont incontestablement un grand cachet de simplicité; ils sont faciles à installer, ainsi qu'à surveiller pendant la marche; le seul point délicat qu'ils présentent est la mise en mouvement du distributeur de vapeur; comme on n'a pas en effet à sa disposition d'arbre animé d'un mouvement de rotation, on ne peut pas conduire le tiroir par un excentrique, et l'on est forcé d'avoir recours à des mécanismes plus ou moins compliqués ayant tous pour but de déplacer le distributeur quelques instants avant que le piston ne termine sa course. C'est principalement au sujet de ces mécanismes que s'est exercée l'imagination des inventeurs. Quelques-uns se sont bornés simplement à faire pousser directement, à chaque bout de course, la tige du tiroir par un bras porté par la tige

du piston ; on remarque à Vienne quelques appareils de ce genre d'assez grandes dimensions, qui sont employés d'une manière continue à éléver de l'eau pour le service de l'Exposition et qui paraissent bien fonctionner ; les chocs auxquels donne lieu, à chaque extrémité de course, le déplacement du tiroir n'ont rien d'exagéré ; ils sont en particulier moins sensibles que ceux que produit la fermeture des clapets dans la plupart des pompes. Malgré sa simplicité, cette disposition est loin d'être la seule employée, et plusieurs constructeurs, pour diminuer les chocs en question, font agir le piston du cylindre, non pas sur le tiroir lui-même, mais sur un organe supplémentaire de très-petites dimensions qui joue par rapport au distributeur le même rôle que ce dernier par rapport au piston et qui, en faisant arriver de la vapeur à l'une ou à l'autre des extrémités de la boîte du tiroir, force celui-ci à se déplacer. D'autres fois, au lieu de pousser un organe quelconque, le piston démasque aux extrémités de sa course des orifices qui, en faisant arriver et en laissant échapper de la vapeur, produisent un effet analogue au précédent. Malgré la complication de quelques-uns de ces mécanismes, leurs inventeurs sont parvenus à les faire adopter par un grand nombre d'industriels ; c'est à ce titre que nous croyons devoir en donner plus loin une description détaillée.

Les pompes sans arbre sont employées dans un assez grand nombre de mines d'Angleterre et d'Allemagne pour l'épuisement des eaux. Elles tendent à remplacer, surtout pour les installations temporaires, les anciens appareils plus volumineux et plus compliqués qui ont été pendant longtemps les seuls en usage ; elles se placent vers le fond de la mine à une hauteur de 6 à 7 mètres au-dessus du niveau moyen des eaux, de façon à se trouver à l'abri d'une crue subite, et elles chassent d'un seul coup l'eau aspirée jusqu'au niveau du sol, c'est-à-dire à une hauteur qui dépasse parfois 300 mètres. Leur fonctionnement est satisfaisant. La plupart d'entre elles, quand elles sont de grandes dimensions, ne donnent guère que 10 à 15 coups doubles par minute, et quelquefois moins, et la vitesse de l'eau refoulée n'atteint souvent pas 1 mètre par seconde. La force motrice nécessaire pour le fonctionnement de ces engins leur est fournie en général par une chaudière à vapeur placée

soit au niveau du sol, soit près de la pompe au fond de la mine. Dans ce dernier cas, la température élevée qui règne alors dans la chambre des machines rend le séjour de celle-ci très-pénible pour les ouvriers. Avec l'autre installation il se produit des condensations énormes dans le tuyau d'arrivée de vapeur ; et, dans les deux cas, la vapeur d'échappement est une gêne assez grande malgré la présence des puits d'aérage au-dessous desquels ces appareils sont en général situés. Pour éviter ces inconvénients, on commence maintenant à substituer à la vapeur de l'air comprimé qui met en mouvement tous les engins placés dans les mines, et l'Exposition renferme quelques spécimens d'assez grands appareils destinés à comprimer de l'air à 4 ou 5 atmosphères pour cet objet. Quand on adopte cette solution, la machine qui comprime l'air est placée en dehors de la mine ; celui-ci est conduit aux pompes ou aux autres engins par un long tuyau qui descend dans l'un des puits, et, après avoir produit son effet, il s'échappe librement dans l'espace environnant qu'il contribue ainsi à ventiler. Comme le fonctionnement des pompes est d'ailleurs exactement le même soit avec de la vapeur, soit avec de l'air comprimé, il nous paraît inutile, pour le sujet qui nous occupe, d'insister plus longuement sur ce sujet.

Nous avons dit que les pompes à vapeur sans arbre remplacent dans beaucoup de cas les anciens appareils destinés au même but, à mesure que ceux-ci deviennent insuffisants ou se trouvent mis hors de service. Voici les principales raisons qui motivent cette substitution : les pompes sans arbre sont moins coûteuses d'achat et d'installation ; elles sont d'une conduite simple, elles n'ont que peu de pièces à graisser ou à surveiller, et ne présentent que des chances extrêmement minimes d'avaries, ce qui est un avantage très-considerable pour une machine employée dans une mine ; elles refoulent d'un seul coup l'eau aspirée jusqu'au niveau du sol et n'obstruent qu'une portion extrêmement faible du puits d'aérage, tandis que les anciens appareils sont volumineux et encombrants ; enfin, par-dessus tout, elles peuvent s'installer avec la plus grande facilité et en très-peu de temps ; c'est là certainement l'une des propriétés qui ont le plus contribué à leur adoption, car il est beaucoup de cas où le temps exigé par la construction et la mise en place

d'une pompe de l'ancien système occasionnerait des retards extrêmement préjudiciables au service de la mine.

En revanche les appareils dont nous venons de parler ont l'inconvénient de dépenser une énorme quantité de vapeur ; il résulte en effet de l'absence de toute espèce de volant que le piston ne peut effectuer toute sa course si la vapeur n'exerce pas sur lui une pression constante ; on se trouve donc ainsi conduit à introduire à pleine course, et l'on sait que dans ces conditions on arrive à des consommations énormes de combustible ; en outre, ces pompes donnant souvent à peine dix à quinze coups doubles par minute, présentent, pour une puissance donnée, une énorme surface refroidissante et donnant lieu par conséquent à des condensations considérables de vapeur. Il convient cependant d'ajouter que, dans certains cas, en particulier dans les mines de houille, la dépense de combustible n'a qu'une importance très-minime. S'il en était autrement, l'usage constant de ces nouveaux engins occasionnerait des frais hors de toute proportion avec les avantages qu'ils présentent, et leur emploi ne serait admissible que pour des installations temporaires, ou bien pour des machines de rechange permettant en même temps de parer à une augmentation temporaire de la quantité d'eau à épuiser. Tel est en effet dans plusieurs cas le seul rôle qui leur soit assigné.

Malgré la nécessité où l'on se trouve, avec les pompes de cette nature, d'introduire à pleine course, il n'est pas impossible cependant d'y faire de la détente ; il suffit pour cela d'accorder l'un contre l'autre plusieurs cylindres à vapeur combinés suivant le système de Woolf ; c'est ce que fait, comme nous le verrons bientôt, l'un des fabricants de ces appareils, et l'on doit reconnaître que cette modification, tout en conduisant à un encombrement un peu plus grand, ne fait pas perdre les avantages principaux que nous avons signalés, et elle présente l'immense avantage de rendre ces engins admissibles dans les cas où ils doivent fonctionner d'une manière permanente et où en même temps la valeur du charbon dépensé doit entrer en ligne de compte.

Outre les pompes précédentes, l'Exposition en renferme un grand nombre d'autres munies d'un arbre suivant le système ordinaire ; comme la plupart d'entre elles n'offrent rien de

nouveau, nous les passerons presque toutes sous silence, et nous nous bornerons à peu près uniquement à celles dont nous avons parlé en premier lieu.

Pompe Tangye (système Cameron). — MM. Tangye frères, de Birmingham, exposent une pompe sans arbre d'un système imaginé par un Américain, M. Cameron, et représenté par la Pl. 58. AB est le cylindre à vapeur, M, le tiroir au-dessus duquel se trouve une tige horizontale LL' munie de deux taquets I et J qui la rendent solidaire avec celui-ci; elle porte en outre à ses extrémités deux petits pistons HH', GG' ajustés à frottement doux dans la boîte à tiroir qui est par conséquent cylindrique; on a même soin qu'il reste un peu de jeu entre les pistons et la boîte de façon qu'au bout d'un temps assez court, il s'établisse à très-peu près la même pression des deux côtés de chacune des faces de ces organes; si cette condition n'était pas remplie, le renversement de marche ne pourrait pas s'opérer. Aux deux extrémités du cylindre AB, on remarque en P et en P' deux autres pistons d'un diamètre beaucoup plus petit munis de deux bouts de tige t et t' qui pénètrent un peu dans l'intérieur du cylindre; la vapeur qui afflue constamment en l et l' par des tuyaux spéciaux les tient constamment appliqués contre leurs sièges, à moins que leurs tiges ne soient momentanément poussées par le piston NN'. Ceci posé, il est facile de comprendre comment la pompe fonctionne; quand toutes les pièces mobiles occupent les positions représentées par la *fig. 1*, la vapeur qui arrive constamment par le tuyau y dans l'espace XX' pénètre par le conduit α dans la partie A du cylindre, tandis que l'autre portion B est en communication avec l'atmosphère par le second conduit β . Le piston NN' va donc se mouvoir dans le sens de la flèche f ; et quand il arrive à bout de course il pousse la tige t qui entraîne avec elle le piston P; l'orifice R est ainsi démasqué et par suite l'espace T se trouve mis en communication avec l'atmosphère. Or, à cause du jeu qu'on a laissé aux pistons HH', GG', on a en T' aussi bien qu'en XX' une pression égale à celle de la chaudière; la tige ll' va donc se mettre en mouvement dans le sens de la flèche ϵ , et, comme le tiroir M participe à son mouvement, le jeu de la vapeur va changer bout pour bout dans l'appareil, c'est-à-dire que B sera en communication avec la chaudière et A avec l'at-

mosphère; le piston va alors recommencer une nouvelle course au bout de laquelle il forcera le tiroir à revenir à sa position première en poussant la tige t' et ainsi de suite. Ces renversements de marche se font, comme on le voit, avec des chocs faibles qui sont sans aucun danger pour la sécurité et le bon fonctionnement de l'appareil.

Le cylindre à eau est représenté en CD; il est à double effet, il aspire en V et refoule par l'orifice V'. La forme particulière des soupapes dont il est muni est indiquée dans la *fig. 4* (Pl. 58); aa' est un siège en caoutchouc dont la portée est un peu durcie et qui est tenu en place par l'anneau fileté bb' ; cette disposition permet de changer très-facilement le siège aa' ; dd' est une soupape en bronze qui est guidée dans son mouvement par la tige fixe gg' , enfin ee' est un tube en caoutchouc qui empêche l'eau refoulée de passer par la partie centrale de la soupape et qui en même temps contribue un peu à appliquer celle-ci sur son siège. Ces dispositions sont bien entendues; elles donnent un libre passage à l'eau à cause de la suppression des croisillons des soupapes, et en même temps elles empêchent celles-ci de donner des chocs trop violents quand elles se ferment; cet inconvénient était, en effet, très à craindre avec une colonne d'eau refoulée qui a pour hauteur toute la profondeur du puits. Il est inutile d'ajouter qu'on a soin de munir les appareils de cette espèce d'énormes réservoirs d'air.

Pour compléter la description de la pompe Cameron, il ne nous reste plus qu'à dire que les deux cylindres sont énergiquement reliés ensemble par une pièce demi-circulaire en fonte de fer qui fait corps avec les deux couvercles, et à ajouter que, pour mettre le mécanisme en marche, il suffit de manœuvrer à la main le levier Q qui est claveté sur le même arbre que le bras K, et déplace, par conséquent, le tiroir M comme le montre la *fig. 4*.

Il existe un assez grand nombre de pompes de cette nature en fonctionnement dans les mines anglaises, et quelques-unes sont établies sur de grandes proportions. Nous citerons, à titre de renseignements, les dimensions principales de l'une des plus importantes d'entre elles; son mécanisme est tout à fait semblable à celui de la pompe qui est représentée dans la Pl. 58, mais elle en diffère par la disposition des conduits

d'aspiration et de refoulement d'eau, ainsi que par celle des boîtes à clapets.

Diamètre du cylindre à vapeur.	0 ^m ,660
Diamètre du cylindre à eau.	0 ,165
Course.	1 ,830
Section des sept clapets d'aspiration et des sept clapets de refoulement ayant chacun 0 ^m ,0635 de diamètre (déduction faite des tiges centrales).	206 ^{cm²}
Hauteur d'aspiration.	6 ^m ,10
Hauteur de refoulement.	317 ,00
Diamètre du tuyau de refoulement.	0 ,178
Nombre de courses doubles par minute en service courant. (Ce chiffre pourrait être dépassé)	10 à 12
Volume d'eau refoulé par minute (à l'allure de 12 courses par minute).	934 ^{lit.}
Encombrement horizontal de l'appareil.	5 ^m ,79 sur 1 ^m ,45

Le tuyau de refoulement est divisé en sections de 60 mètres de longueur portant chacune à leur partie inférieure un clapet, afin de diminuer les chocs qu'ont à supporter les soupapes de la pompe; celle-ci est munie d'un réservoir d'air ayant 0^m,76 de diamètre et 9^m,10 de haut.

L'appareil dont nous venons de donner les dimensions fonctionne, paraît-il, avec une extrême douceur; les battements des clapets sont en particulier à peine sensibles malgré la grande hauteur de la colonne de refoulement.

Une pompe du système Cameron a été expérimentée en 1871 au conservatoire des Arts et Métiers; les diamètres des deux cylindres étaient égaux à 0^m,206 et à 0^m,452; la course était de 0^m,609; cet engin a bien fonctionné quoique le nombre des coups de piston se soit élevé jusqu'à 66 par minute, valeur bien plus considérable que celle qui est en général adoptée en service courant pour ces appareils même dans les petites dimensions. Voici les principaux résultats moyens qu'on a constatés dans ces expériences :

Rapport du volume d'eau refoulée au volume développé par le piston de la pompe.	0,982
Rapport du travail mesuré en eau refoulée, au travail indiqué sur le piston du cylindre à vapeur (pour les hauteurs de refoulement supérieures à 7 mètres).	0,30

Il y a lieu de remarquer la faible valeur du dernier chiffre ci-dessus; il montre qu'une machine à vapeur attelée à une

pompe ordinaire donnerait un effet utile sensiblement plus élevé que celui de la pompe Cameron, malgré la simplicité des organes de transmission de mouvement de celle-ci.

Il aurait été intéressant de connaître la quantité de vapeur dépendue dans les expériences précédentes ; malheureusement il n'en a pas été tenu compte ; mais, comme nous l'avons déjà dit, elle ne peut manquer d'être considérable, puisqu'on ne fait pas de détente ; c'est là une nouvelle et très-importante cause d'infériorité qu'il faut ajouter à la précédente si l'on veut comparer le système en question à celui des pompes à vapeur ordinaires.

Outre les appareils que nous venons de décrire et qui sont destinés à l'élévation des eaux, MM. Tangye en construisent du même système qui servent à alimenter les chaudières ; seulement les soupapes dont ils font alors usage sont métalliques et établies suivant le mode habituel.

Pompe Hayward Tyler. — MM. Hayward Tyler (de Londres) exposent une pompe qui se compose, comme la précédente, de deux cylindres dont les pistons sont fixés sur une tige commune ; mais le changement de position du tiroir, au lieu d'être opéré par l'intermédiaire d'organes contre lesquels vient buter le piston, est déterminé uniquement par le jeu de la vapeur qui, à chaque bout de course, pénètre alternativement dans l'un des espaces V et V' (fig. 7, Pl. 59) tandis que l'autre est mis en communication avec l'atmosphère.

Le piston (fig. 4 et 5) de forme très-allongée est percé de deux systèmes de rainures PP', pp' de longueurs différentes, et contient intérieurement le tiroir sur lequel sont pratiquées les rainures tt' (fig. 4 et 2) placées au-dessus de son centre, de façon que la pression de la vapeur applique cet organe contre les orifices d'entrée et de sortie de vapeur. La longueur de PP' est calculée de telle sorte qu'un de ses points reste toujours en face du tuyau d'arrivée de vapeur X (fig. 6), quelle que soit la position du piston ; de même les rainures pp' et tt' se décroisent toujours d'une certaine quantité ; il résulte de là que la vapeur arrivant en X pénètre constamment dans l'espace ZZ' (fig. 6 et 7) quel que soit le moment considéré, et, par suite, il y a afflux de vapeur en R ou en R' suivant la position du tiroir (fig. 7 et 7 bis). Il ne reste donc plus qu'à voir comment se

déplace ce dernier organe; pour cela remarquons qu'on a menagé dans l'épaisseur des parois du piston quatre conduits indiqués par les lettres ABC, A'B'C', DEF, D'E'F'; chacun d'eux part de la surface intérieure du piston et aboutit à sa surface extérieure. Dans l'épaisseur des parois du cylindre, on a pratiqué de même trois petits canaux GHK, G'H'K' et ML, les extrémités G, K, G', K' de chacun des deux premiers aboutissent toutes à la surface intérieure du cylindre (voir la *fig. 6*), tandis que le troisième ML n'est qu'une simple rainure située dans la partie où aboutit le tuyau d'évacuation Y. Les *fig. 4*, *5*, *6*, *7* et *8* rendent suffisamment compte de la forme de chacun de ces conduits.

Ceci posé, supposons, par exemple, que les pièces mobiles occupent les positions indiquées par les *fig. 7* et *8*; la vapeur venant de la chaudière arrive alors en R tandis que R' communique avec l'atmosphère; le piston se meut donc dans le sens de la flèche f. Quand il arrive vers son bout de course, la rainure PP' du piston vient passer sur l'extrémité K' du conduit G'H'K' du cylindre, qui se trouve à ce même instant en communication avec le conduit A'B'C' du piston; d'autre part, le conduit DEF vient également communiquer avec la rainure LM. Il résulte évidemment de là que la vapeur venant de la chaudière s'introduit dans l'espace V' en passant par G'H'K', et que celle qui se trouvait en V s'échappe dans l'atmosphère par DEF. Le tiroir va donc passer de l'extrémité de gauche à l'extrémité de droite du piston, et, par suite, le renversement de vapeur va s'opérer, c'est-à-dire que R' va être en communication avec la chaudière et R avec l'atmosphère, comme le représente la *fig. 7 bis*.

A l'autre bout de course, le changement inverse aura lieu, parce que la rainure PP' et le conduit ABC seront mis en communication l'un avec l'autre par l'intermédiaire du conduit GHK tandis que D'E'F' viendra tomber sur LM.

Les pompes Hayward Tyler sont en usage dans un assez grand nombre de mines anglaises pour l'épuisement des eaux. La disposition de la pompe à eau proprement dite, qui est représentée dans les *fig. 3* et *8*, n'offre rien de particulier si ce n'est la forme des clapets qui se composent chacun simplement d'une boule en caoutchouc, afin d'atténuer les chocs et de per-

mettre en même temps l'emploi d'eaux bourbeuses. Les grands appareils de cette espèce ne donnent en général que dix à quinze coups doubles par minute; les petits sont destinés à fonctionner avec une vitesse beaucoup plus grande, qui s'élève jusqu'à cinquante coups doubles au lieu de quinze. Les uns et les autres sont alimentés avec de la vapeur dont la pression varie de 1 atmosphère $1/4$ à 2 atmosphères $1/2$, suivant la hauteur de la colonne d'eau refoulée.

MM. Hayward, Tyler destinent leurs pompes non-seulement aux travaux d'épuisement, mais encore à l'alimentation des chaudières. Les boules de caoutchouc formant clapets sont alors remplacées par des soupapes métalliques; le piston de la pompe à eau présente également, dans ce cas, des différences avec celui qui est représenté *fig. 8*; il affecte en général la forme d'un piston plongeur glissant dans un presse-étoupes fixe placé en son milieu, de façon que la pompe soit toujours à double effet.

Pompe John M' Nicol. — L'aspect extérieur de la pompe de M. John M' Nicol (de Glasgow) rappelle beaucoup celui de la pompe Tangye. Comme dans celle-ci, le tiroir est placé au-dessus du cylindre, et se déplace par le jeu de la vapeur qui pénètre tour à tour dans les deux extrémités de la boîte à tiroir; seulement ces passages alternatifs sont obtenus au moyen de petits canaux supplémentaires de vapeur au lieu de l'être par de petits pistons qui sont poussés à chaque bout de course. Nous n'avons pu avoir aucun renseignement précis sur la façon dont s'opère ce renversement de mouvement dans l'appareil M' Nicol, dont un modèle était constamment en fonctionnement à l'Exposition et paraissait bien marcher.

Pompe Decker (système Earle). — Les pompes à vapeur construites par MM. Decker (de Canstatt, Wurtemberg) ne sont autre chose que celles qui ont été imaginées par un Américain, M. Earle, et qu'on trouve d'ailleurs dans la section américaine exposées par « l'usine à fer de Norwalk » (Norwalk Iron Works). Ces appareils sont bien connus depuis l'Exposition de 1867; ils se composent, comme les précédents, de deux cylindres placés en face l'un de l'autre avec une tige unique pour leurs pistons. Le tiroir, qui est cylindrique, est déplacé à chaque bout de course par un bras A (*fig. 1 et 2, Pl. 60*), qui est claveté sur la

tige des pistons et qui vient frapper contre les butoirs C et D. Des tampons de caoutchouc amortissent le choc. Les *fig. 1 et 2* de la Pl. 60 représentent deux pompes de ce système de grandeurs différentes. Comme on peut le remarquer, le mode de fixation de la tige du tiroir n'est pas tout à fait le même dans les deux cas.

Parmi les appareils exposés par MM. Decker, deux d'entre eux sont constamment en mouvement pour le service général de l'Exposition ; les diamètres de leurs cylindres à vapeur, ainsi que celui des pompes, sont de 0^m,40, la course de 0^m,94 ; ils donnent environ dix coups doubles par minute. Leur fonctionnement paraît bon, quoique les clapets de refoulement donnent lieu à des chocs un peu forts. Quant au mouvement du tiroir, il s'opère d'une manière très-satisfaisante.

Pompes Lossen et Schaeffer. — MM. Lossen et Schaeffer (de Darmstadt) exposent plusieurs pompes présentant entre elles des différences importantes ; l'une d'elles (*fig. 3*, Pl. 60) est tout à fait analogue à celle qui vient d'être décrite et ne mérite pas de mention spéciale : on remarque seulement que les tampons en caoutchouc appliqués contre les butoirs des distributeurs sont remplacés par des ressorts à boudin.

Un autre modèle construit par les mêmes industriels et représenté par la *fig. 4*, Pl. 60, offre, au contraire, un intérêt particulier, parce qu'il a pour but de remédier à la dépense considérable de vapeur qu'occasionne l'emploi des appareils décrits précédemment, et qui provient de la nécessité où l'on se trouve de marcher à pleine introduction, afin d'avoir une pression constante sur le piston. MM. Lossen et Schaeffer ont tourné la difficulté en faisant usage du système Woolf. D'après les renseignements qui nous ont été fournis, la vapeur venant de la chaudière pénètre directement dans les deux petits cylindres A et B, puis est évacuée par ceux-ci dans le cylindre central C d'un diamètre beaucoup plus grand. Les trois tiges de piston sont réunies ensemble, celle du milieu n'étant d'ailleurs que le prolongement de celle de la pompe à eau D ; quant au mouvement des tiroirs, il s'opère comme précédemment. Cette solution, qui ne présente point de difficultés sous le rapport de la distribution de vapeur, a, il est vrai, l'inconvénient d'augmenter un peu l'encombrement de tout le système ; mais

cela n'est pas à comparer avec l'avantage qui résulte de l'utilisation du travail de la vapeur produit pendant la détente, et qui doit évidemment rendre admissibles, à titre d'installation définitive, les pompes sans mouvement rotatif dans les cas où la consommation du combustible dépensé n'est pas à négliger.

Pompe Schmidt.— Il existe dans l'Exposition suisse un spécimen intéressant de pompe oscillante du système de M. Schmidt (de Zurich). Le cylindre AA' (*fig. 3, 4 et 5, Pl. 63*) oscille autour des deux tourillons massifs B et B'; ceux ci sont portés par les leviers CD, EF dont les extrémités C et E entourent l'arbre moteur OO', tandis que les deux autres D et F sont réunis par un bras perpendiculaire DP que traverse la vis F. Pendant le mouvement oscillatoire du cylindre, les orifices G et H ménagés à la partie inférieure de ce dernier viennent se présenter successivement devant les orifices I, K et L qui sont pratiqués sur la plaque fixe MN, ayant la forme d'une surface cylindrique dont les tourillons forment l'axe. Ces orifices communiquent, les deux premiers avec le refoulement et le troisième avec l'aspiration; le fonctionnement de la pompe s'opère ainsi sans l'aide de soupapes par le seul effet du mouvement oscillatoire.

Ce qu'il convient de remarquer dans cet appareil, c'est la disposition aussi simple qu'ingénieuse au moyen de laquelle on peut tenir la face inférieure du cylindre qui porte les orifices parfaitement appliquée contre la plaque fixe MN, quelle que soit l'usure qui se soit produite; il suffit en effet pour cela de serrer la vis V qui force ainsi les deux leviers porte-tourillons CD, EF à s'abaisser un peu en tournant autour de leurs extrémités fixes C et E. Cet agencement permet également de visiter avec la plus grande facilité les plaques flottantes du tiroir; il suffit, pour cela, de dévisser complètement la vis V; en soulevant alors à la main la traverse DF, on fait tourner toute la partie mobile de l'appareil autour de l'axe OO', et les plaques frottantes se trouvent ainsi mises à nu. Ce démontage et le remontage inverse ne demandent d'ailleurs que quelques instants.

Dans le système représenté par les *fig. 3, 4 et 5*, le mouvement est supposé transmis à l'axe oo' par une courroie, mais ce

n'est pas ainsi, en général, que les choses se passent. Le plus souvent cet arbre est mû par un petit cylindre à vapeur placé en regard du cylindre à eau de l'autre côté de l'arbre OO' , et symétriquement à lui par rapport à la verticale hh' ; tous les deux présentent exactement les mêmes dispositions, et leurs tiges sont attelées sur la même manivelle. L'ensemble de l'installation offre ainsi un grand cachet de simplicité.

L'appareil à un cylindre oscillant que nous avons décrit en premier lieu est très-employé à Zurich, non pas comme pompe, mais comme machine motrice mue par de l'eau sous forte pression, qui est fournie à bas prix dans cette ville par plusieurs réservoirs de très-grandes dimensions. Il est incontestable que, dans ces conditions, il constitue un excellent moteur domestique, d'un fonctionnement parfait et dont on peut suspendre ou rétablir l'action à tout instant. Il est en outre, paraît-il, parfaitement étanche, mais nous ne croyons pas que, même à Zurich, il soit employé pour des puissances un peu considérables.

Pompe hélicoïdale de Boulton et Imray. — MM. Brotherhood et Hardingham, constructeurs à Londres, exposent un appareil inventé par MM. Boulton et Imray et dont l'aspect extérieur rappelle un peu au premier abord celui des pompes centrifuges, mais qui en diffère essentiellement, puisque l'eau qu'il contient reste toujours à la même distance du centre. Les *fig. 1, 2, 3 et 4, Pl. 61*, représentent une pompe de ce système, dont l'axe est vertical. Les pales A sont animées, par un moyen quelconque, d'un mouvement de rotation autour de l'arbre OO' , auquel elles sont invariablement reliées; elles sont contenues dans un canal $MNPQ$ de section constante et de forme hélicoïdale; sa surface supérieure MN et sa surface inférieure PQ sont des surfaces de vis à filet carré dont le pas est égal à ll' (*fig. 1*). Dans la portion qui touche l'orifice d'entrée R , le haut des pales vient tangenter le haut du canal, tandis qu'à la sortie c'est leur arête inférieure qui vient passer au niveau de la partie basse de celui-ci. Le plan de ces pales prolongé ne passe pas par l'axe OO' ; pour de faibles élévations à donner à l'eau, il a une direction à peu près normale à celle des hélices qui constituent les quatre arêtes du conduit $MNPQ$, et, s'il s'agit de faire remonter l'eau

à une assez grande hauteur, on augmente encore un peu l'inclinaison de leur plan sur la verticale.

D'après la description qui précède, on comprend de suite que si l'on vient à faire tourner l'arbre OO' dans le sens de la flèche f (fig. 2), l'eau, supposée contenue primitivement dans l'appareil, va se trouver poussée de bas en haut grâce à la direction inclinée des pales, en même temps qu'elle sera animée par elles d'un mouvement de rotation; elle va donc, en définitive, prendre un mouvement hélicoïdal qui va lui faire parcourir le canal $MNPQ$. Entrant en R , elle sortira en S avec une vitesse plus ou moins grande suivant les dimensions de la pompe et sa vitesse de rotation; on obtient ainsi des résultats de même nature que ceux que donnent les pompes centrifuges. Il est clair d'ailleurs que cet appareil peut fonctionner aussi bien avec l'axe horizontal qu'avec l'axe vertical; on lui donne alors la disposition représentée par les fig. 5 et 6 (Pl. 61).

Voici quelques renseignements pratiques qui nous ont été fournis sur cet engin par ses constructeurs; nous n'avons pu d'ailleurs vérifier en rien l'exactitude de leurs indications :

La pompe Boulton et Imray peut éléver l'eau jusqu'à 15 mètres. Il faut la placer aussi près que possible de la surface du liquide, sans quoi son rendement diminue beaucoup; on en a fait fonctionner cependant qui aspiraient à 3^m,50.

Pour une même hauteur d'élévation de la masse liquide, cette pompe n'a besoin que d'une vitesse de rotation bien inférieure à celle des pompes centrifuges (environ la moitié).

Les dimensions principales de quelques-uns de ces appareils sont données par le tableau suivant :

Diamètre mesuré au milieu des pales	0 ^m ,305	0 ^m ,762	1 ^m ,829
Diamètre du tuyau d'arrivée d'eau et du tuyau de sortie	0 ,102	0 ,254	0 ,610
Nombre de litres fournis par minute par la pompe	908 ^{lit.}	9 086 ^{lit.}	54 516 ^{lit.}

Quant à la force nécessaire pour faire fonctionner cette pompe, elle ne serait, toujours d'après les constructeurs, que peu supérieure au nombre de kilogrammètres mesurés en eau élevée; il est donc inutile de citer des chiffres qui sont aussi manifestement inexacts.

Un certain nombre de ces appareils sont employés, paraît-il, comme pompes de circulation pour des condenseurs à surface.

Pompe rotative de Holly. — L'Exposition américaine renferme des pompes rotatives de l'invention de M. Holly, et dont le mode de perfectionnement est le même que celui des appareils Behrens; on trouvera plus loin la description de ce système à propos de la pompe à incendie à vapeur américaine de Silsby sur laquelle il est appliqué.

Pompes centrifuges. — On remarque enfin à Vienne un grand nombre de pompes centrifuges exposées par les divers constructeurs le plus en renom de ce genre d'appareils; mais elles ne nous ont paru présenter aucun perfectionnement nouveau; aussi nous abstiendrons-nous d'en parler.

POMPES A INCENDIE A VAPEUR.

Pompes Merryweather. — Dans la section anglaise, on trouve à Vienne, comme dans toutes les expositions, les deux constructeurs bien connus de pompes à incendie, MM. Merryweather et MM. Shand et Mason. Les premiers continuent à produire le type de machines sans arbre moteur et à un ou deux cylindres qu'ils ont adopté depuis longtemps et dont le fonctionnement est excellent. Dans ces appareils, le mouvement est donné aux tiroirs par des lames hélicoïdales montées sur un axe de rotation et auxquelles les bras fixés sur les tiges des pistons impriment un mouvement oscillatoire. Le spécimen exposé à Vienne est à deux cylindres horizontaux placés côté à côté et commandant chacun une pompe à eau; il ne présente de différence importante avec celui que possède l'arsenal de Brest que dans le détail du mécanisme des tiroirs. Dans la pompe de Brest, il suffit que l'un des cylindres soit désemparé pour que tout l'appareil soit condamné au repos. Avec les nouvelles dispositions adoptées, cet inconvénient est évité, bien que chacun des pistons à vapeur contribue, comme par le passé, à faire marcher le distributeur de l'autre; si l'un d'eux se trouve paralysé, on n'a qu'à le mettre à mi-course et à placer

une goupille pour que l'autre cylindre puisse continuer à marcher. C'est là un perfectionnement qui a de la valeur dans un engin de la nature d'une pompe à incendie à vapeur.

Par ailleurs nous n'avons à noter, en fait de changements, que la substitution du bronze phosphoreux au bronze ordinaire pour la construction des cylindres à eau et des accessoires de la chaudière, ainsi que l'adoption exclusive de l'acier pour la carcasse de l'appareil; on diminue ainsi le poids déjà très-faible de ces pompes. Quant à la chaudière, elle est comme précédemment du système Field qui convient parfaitement au but que l'on a en vue. Voici les dimensions principales du modèle qui figure à Vienne, avec les résultats indiqués par les constructeurs :

DIAMÈTRE des cylindres à vapeur.	DIAMÈTRE des pompes.	COURSE.	NOMBRE de litres débités par minute	HAUTEUR du jet.	DIMENSIONS approximatives de l'appareil.	POIDS approximatif.
m. 0,222	m. 0,165	m. 0,610	4 500	m. 60	m. 5,50 \times m. 1,25 \times m. 2,25	kil. 2 950

MM. Merryweather construisent également deux autres appareils du même type, mais de dimensions moindres; le premier peut lancer par minute 3 600 litres à 57 mètres de haut, et le deuxième 2 250 litres à 54 mètres. Leur poids est de 2 540 kilogrammes et de 2 030 kilogrammes. Les pompes à un seul cylindre sont moins puissantes que les précédentes.

Pompes Shand et Mason. — A l'inverse de ce qui a lieu pour les constructeurs précédents, MM. Shand et Mason modifient constamment les types de leurs pompes à incendie, et les trois appareils qu'ils exposent, et qui sont chacun d'un système différent, montrent qu'ils n'ont rien trouvé jusqu'ici de bien satisfaisant. Le premier se compose d'un cylindre à vapeur à axe vertical et d'une pompe à piston plongeur placé au-dessous de lui; le mouvement est transmis à celle-ci par l'intermédiaire d'un arbre muni d'un volant; l'ensemble de ce mécanisme présente ainsi un peu l'aspect d'un de nos petits chevaux réglementaires. Il est placé à l'arrière de la voiture qui porte en même temps la chaudière. On a reproché aux

pompes de ce modèle de s'emporter d'une manière effrayante quant l'eau vient à manquer accidentellement; il paraît même que plusieurs fois, sous l'influence de ces accélérations subites, le volant s'est brisé en morceaux qui ont été projetés au loin avec force.

Pour remédier à cet inconvénient, MM. Shand et Mason ont imaginé d'avoir recours au dispositif représenté par les *fig. 1* et *2* de la Pl. 62, et dans lequel le volant est supprimé quoiqu'il n'y ait qu'un cylindre unique, qui, dans le cas actuel, est placé horizontalement. La difficulté à vaincre consistait à faire dépasser à la manivelle son point mort; les constructeurs ont fixé sur la tige *H* du tiroir un piston supplémentaire *C* qui se meut dans l'intérieur du cylindre *DE*; la vapeur est distribuée à celui-ci par le tiroir *GG'* que le distributeur *T* du grand cylindre vient choquer à chacun de ses bouts de course. Comme la manivelle du piston moteur *P* et celle du tiroir *T* font un angle d'environ 90°, il en résulte que quand la première est à l'un de ses points morts, l'autre se trouve dans une bonne position pour que la pression de la vapeur sur le piston auxiliaire *C* détermine la continuation du mouvement; il n'y a donc pas à craindre de voir la machine s'arrêter.

La description qui précède montre que si MM. Shand et Mason se sont posé le problème de construire une pompe à vapeur à un seul cylindre, ils ne l'ont nullement résolu, et il n'y a pas lieu d'insister plus longuement sur cet appareil.

La troisième pompe des mêmes fabricants se compose de trois cylindres qui sont légèrement inclinés afin d'augmenter un peu la course, et qui actionnent un arbre à trois coudes sans volant placé entre eux et les pompes proprement dites également au nombre de trois. Les *fig. 1* et *2* de la Pl. 63 donnent une idée de ce mécanisme; *A*, *A'*, *A''* sont les trois cylindres à vapeur; *T*, *T'*, *T''* les excentriques qui mènent leurs tiroirs. Le système de transmission de mouvement du piston à l'arbre est celui qui est dit *à bielle renversée*. Les pompes *B*, *B'*, *B''* sont à fourreau et chacune d'elles porte avec elle la moitié des clapets nécessaires à son fonctionnement. Ce système est loin de présenter, comme on le voit, le cachet de la simplicité. Les organes sont enchevêtrés les uns dans les autres et pour la plupart complètement inaccessibles; en outre une avarie dans

l'un d'eux paralyse tout l'appareil. Aucun des mécanismes exposés par MM. Shand et Mason ne nous semble donc mériter d'être adopté.

Les chaudières de ces constructeurs (*fig. 3 et 4, Pl. 62*) ne sont guère plus satisfaisantes; elles se composent de deux enveloppes ABCD, EFGH qui ne sont pas tout à fait concentriques dans leur partie haute. Dans l'enveloppe intérieure sont placés un grand nombre de tubes de petits diamètres légèrement inclinés et disposés par couches successives très-rapprochées, les tubes de chacune d'elles étant à angle droit avec ceux de la suivante. Par suite de l'inclinaison de ces derniers il se produit dans le sens des flèches *f* des courants que facilite encore, paraît-il, la non-concentricité des deux enveloppes ABCD, EFGH.

La chaudière que nous venons de décrire est inférieure à tous les points de vue à celle de Field dont le fonctionnement est excellent pour de petites dimensions; les tubes inclinés, en particulier, n'ont pas leur dilatation libre, et, par suite de leur disposition, ils sont tellement sujets à s'encrasser qu'au bout d'un très-petit nombre d'heures de marche, le pouvoir vaporisateur doit considérablement diminuer. Nous ne pouvons donc que répéter ce que nous avons dit déjà à propos de l'appareil moteur des pompes Shand et Mason, c'est que les dispositions adoptées par ces fabricants nous paraissent devoir être complètement rejetées.

Pompe américaine de Silsby. — MM. Silsby, constructeurs à Seneca Falls (État de New-York), exposent une pompe à incendie à vapeur dans laquelle le cylindre moteur et la pompe proprement dite sont tous les deux du système rotatif de M. Holly; leurs dispositions sont exactement les mêmes; seulement leurs dimensions sont différentes. La *fig. 3* (Pl. 64) montre que l'appareil imaginé par M. Holly fonctionne exactement comme celui de Behrens, bien que la forme en soit un peu différente; on remarque en particulier la présence des touches M, N, P, Q qui sont pressées du dedans vers le dehors par de petits ressorts placés au fond de la cavité qu'elles occupent et non représentées par le dessin. La *fig. 1* est une perspective d'ensemble; la *fig. 2* un croquis indiquant la position de la machine; BB' est l'appareil moteur dont les deux axes sont reliés l'un à l'autre par les engrenages A, A', C, C' qui sont entourés dans la *fig. 4*

de leurs enveloppes en tôle ; EE' est la pompe proprement dite, dont les dimensions sont plus petites que celles de BB' et dont les axes sont également réunis par des engrenages D, D', G, G'. Il existe dans cet appareil deux pompes alimentaires, l'une rotative H du même système que BB' et EE', l'autre P à piston conduite par une bielle mise en mouvement par l'arbre KK'.

La chaudière de la pompe Silsby (*fig. 4 et 5, Pl. 64*) comprend deux séries de tubes : les uns A sont pleins d'eau et renferment chacun un tube intérieur disposé à très-peu près dans le système Field ; les autres B servent au passage de la fumée et s'étendent de la plaque de tête MN à la plaque PQ au-dessus de laquelle les gaz chauds sont conduits à la cheminée. Ce dispositif, qui présente les avantages de celui de Field, gagnerait beaucoup s'il lui était rendu identique par la suppression des tubes à fumée B et de la plaque de tête supérieure PQ qui sont évidemment exposés à recevoir des coups de feu et à se brûler.

Les pompes à incendie Silsby sont très-employées, paraît-il, en Amérique, et l'on comprend facilement qu'elles soient en effet susceptibles de donner des résultats satisfaisants ; mais nous n'avons pu nous procurer aucun renseignement relatif à leur fonctionnement.

RÉGULATEURS. — MANOMÈTRES. COMPTEURS. — INDICATEURS.

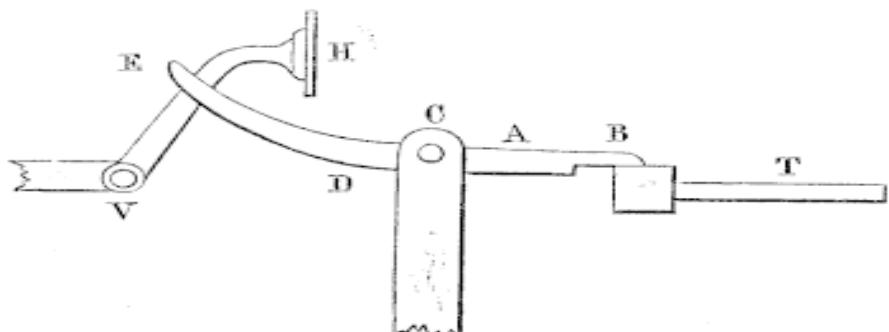
Par **M. MADAMET**, Ingénieur de la marine.

RÉGULATEURS.

Aucun des régulateurs que l'on remarque à l'Exposition n'est destiné à fonctionner à bord d'un navire; tous ne conviennent qu'à des machines à terre. Les plus répandus sont ceux de Watt, de Porter, de Proell et de Buss. Avant d'entrer dans une étude détaillée à leur sujet, nous ferons remarquer la tendance générale qu'ont les divers constructeurs à employer ces appareils pour faire varier, non pas l'ouverture de la valve, mais le degré de détente. Cette opération se fait d'une manière extrêmement satisfaisante dans les machines du système Corliss dont l'Exposition renferme un grand nombre de spécimens. On sait que, quelles que soient les différences que présentent entre elles les diverses machines dérivées du type primitif imaginé par l'Américain Corliss, leurs distributeurs d'arrivée de vapeur sont toujours ouverts par une petite pièce AB en forme de déclic, qui, après avoir poussé pendant un temps extrêmement court la tige T du distributeur ou bien un autre organe qui la manœuvre, se soulève ensuite brusquement et laisse libre la tige T; celle-ci, constamment pressée par un ressort énergique, revient alors rapidement sur ses pas et referme le distributeur. Rien n'est plus facile que de faire régler par le régulateur le moment où le déclic A B se soulève, et par suite le degré de détente;

pour cela on a soin que la pièce mobile sur laquelle le déclic AB est fixé porte un axe de rotation C autour duquel ce dernier

Fig. 1.



organe puisse tourner, et on le prolonge par une queue curviline DE qui à un moment donné de sa course vient rencontrer le butoir H relié au manchon du régulateur et variant de position en hauteur suivant le degré d'écartement des boules. Plus H est haut, plus le soulèvement du déclic AB se fait tard et par conséquent plus l'introduction est grande. Dans ce mode d'opérer, le régulateur se trouve constamment abandonné à lui-même, sauf au moment où le choc de la queue DE se produit, et par suite les boules n'ayant ici d'autre force à vaincre que les frottements peu considérables qui se produisent dans le régulateur lui-même, il n'y a plus à craindre de les voir en avance ou en retard sur la position normale qu'elles devraient occuper, comme cela se présente quand elles ont à surmonter les frottements auxquels donne lieu le déplacement d'un papillon dans le tuyau d'arrivée de vapeur. La sensibilité de l'appareil se trouve donc ainsi accrue dans une proportion colossale, et, même avec les machines les plus puissantes, les appareils servomoteurs de manœuvre deviennent inutiles. La seule chose à craindre est que la queue DE ne soulève le butoir H en pressant contre lui au moment du contact, et par suite qu'elle ne déplace les boules; mais il est à remarquer que le moment autour du point V de l'effort qui se produit sur la pièce H est en général très-faible, même pour une valeur assez considérable de ce dernier; dans le cas d'ailleurs où l'influence de ce moment ne serait pas négligeable, il est facile d'annuler son influence pertur-

batrice en combinant le système de façon que le mouvement transmis par le butoir au déclic ne soit pas réciproque; c'est en effet ce qui a lieu quelquefois, comme nous le verrons plus loin à propos du régulateur Proell.

Les constructeurs qui exposent des machines Corliss ne sont pas les seuls, comme nous l'avons dit, à faire varier la détente par le régulateur; on remarque la même disposition sur un grand nombre d'autres appareils. Plusieurs moyens se présentent pour atteindre ce but; l'un d'eux, par exemple, consiste à fixer au bout de la tige du tiroir de détente une bielle dont l'extrémité opposée est mobile dans une coulisse curviligne qui est animée par la machine d'un mouvement d'oscillation autour d'un de ses points. Le manchon du régulateur, en montant ou en descendant, fait varier la position de l'extrémité de la bielle en question dans la coulisse, et il change ainsi à la fois la course du tiroir et son calage. Ce procédé permet de régler comme on veut et d'une manière très-satisfaisante la valeur de l'introduction, et il donne lieu à une installation mécanique très-simple et très-commode, dans laquelle la résistance à vaincre par le régulateur peut être rendue très-faible. L'Exposition de 1867 renfermait un grand nombre de machines où cette solution avait été appliquée, et parfois avec beaucoup de succès. On peut citer en particulier un appareil de MM. Chevalier et Grenier, de Lyon, où la coulisse oscillait dans un plan vertical; une tige pendante, reliée au manchon du régulateur, faisait monter ou descendre dans l'intérieur de la coulisse l'extrémité de la bielle, qui n'opposait que peu de résistance à ce déplacement. Le fonctionnement de ce système était parfait, et quand la bielle était écartée à la main de sa position normale, elle y était ramenée de suite par le régulateur. A Vienne, on retrouve quelques applications de la même idée; mais en général l'installation mécanique adoptée est bien inférieure à celle dont nous venons de dire quelques mots, et elle est en outre beaucoup plus compliquée; nous nous abstiendrons donc d'en parler.

Un autre procédé employé par plusieurs exposants pour faire varier l'introduction par le régulateur est celui qui est représenté par la Pl. 65. La détente s'y opère suivant le système Meyer; seulement le dos du tiroir de distribution AB, au lieu d'être plan, a la forme d'une portion de cylindre creux dont la

tige du tiroir de détente est l'axe; celui-ci a également la forme cylindrique; en outre, ces deux bords latéraux CD, EF, au lieu d'être parallèles, convergent l'un vers l'autre. Les deux orifices GH, IK percés dans le dos du tiroir de distribution sont parallèles à CD et à EF, et ils ont un peu moins de hauteur que le tiroir de détente. La tige de ce dernier est mue, comme d'habitude, par un excentrique; elle est en outre disposée de façon qu'elle peut tourner autour de son axe, et c'est le manchon du régulateur qui opère ce mouvement. Il est facile de voir que toute rotation du tiroir de détente a pour effet immédiat de changer la valeur de l'introduction; seulement, bien que l'angle maximum dont doive tourner le tiroir de détente soit assez petit, le déplacement de cet organe, s'il est étanche, n'en exige pas moins une force assez considérable, ce qui met le régulateur dans de mauvaises conditions de fonctionnement. Cette solution, quelque ingénieuse qu'elle soit, ne nous paraît donc pas devoir être recommandée; elle est, en tous cas, inférieure à celle que nous avons indiquée plus haut.

Nous allons passer maintenant en revue les principaux régulateurs qui figurent à l'Exposition de Vienne et étudier en détail ceux dont le mode de fonctionnement ne nous paraît pas avoir été décrit jusqu'ici.

Régulateur Porter. — Le régulateur Porter est connu depuis longtemps, et il jouit d'une certaine faveur en Angleterre; il présente beaucoup d'analogie avec l'appareil de Watt; mais il tourne à une vitesse beaucoup plus grande (souvent à 200 tours par minute); en outre ses boules sont notablement plus petites, tandis que son manchon a un poids très-considérable (quelquefois près de dix fois le poids total des deux boules). Sur la Pl. 63 est représenté un régulateur de ce système: les quatre bras MN, PQ, NS et QR sont tous égaux et dans la position moyenne des boules l'angle qu'ils forment avec la verticale est d'environ 30°. Cet appareil n'est pas isochrone: dans l'un d'eux, par exemple, le nombre de tours par minute nécessaire pour tenir les boules en équilibre dans leurs positions extrêmes varie de 203 à 246.

Il nous paraît inutile d'insister plus longuement sur cet engin, qui a déjà figuré à plusieurs expositions et qui a été décrit bien des fois: son fonctionnement est satisfaisant.

Régulateur Buss. — Le régulateur Buss est représenté dans la Pl. 66. L'axe vertical de rotation AB porte à sa partie supérieure un manchon fixe C, d'où partent quatre bras pendents également fixes E, F, G, H; leurs extrémités inférieures servent deux à deux d'axes de rotation aux masses mobiles. Celles-ci sont au nombre de deux, et l'une d'elles est représentée à part par les *fig. 3 et 4*, de façon qu'on puisse mieux se rendre compte de sa forme; elle se compose de deux boules D et D', l'une sphérique D et l'autre en forme de baril D', qui sont placées de côtés différents de l'arbre AB; elles sont réunies l'une avec l'autre au moyen de bras qui se terminent par deux douilles L et L' dans lesquelles s'emboîtent les extrémités des deux bras E et F; la réunion est opérée au moyen de petites broches SS', TT' qui permettent à la masse mobile d'osciller autour de l'axe ST'. La deuxième masse est disposée symétriquement à la première par rapport à l'arbre vertical AB, et toutes les deux s'enchevêtrent l'une dans l'autre de façon à faire un tout extrêmement compacte; des évidements sont pratiqués dans quelques-unes de leurs parties, de façon qu'elles ne viennent pas se choquer les unes contre les autres quand elles se déplacent et à rendre ainsi le fonctionnement de l'appareil possible. Un manchon P, dont le poids joue un rôle appréciable, est fixé au bras des deux masses mobiles, qu'il rend ainsi solidaires l'une de l'autre; seulement la réunion, au lieu de se faire dans l'axe du régulateur, a lieu entre cet axe et la boule D', en R par exemple pour l'une d'elles et en un point symétrique de R par rapport à AB pour l'autre.

Quand les boules sont à mi-course, les lignes SV et SV' (*fig. 6*) sont l'une verticale, l'autre horizontale, et dans leurs positions extrêmes elles font des angles de 7° seulement avec leur position moyenne. On a en outre, entre les diverses parties de l'appareil, les relations suivantes :

$$SV' = SV = 2 \times SM \quad \text{et} \quad SR = 4,2 \times SM.$$

Proposons-nous d'étudier en détail le fonctionnement de ce régulateur, et pour cela supposons, pour plus de simplicité, que les parties mobiles soient réduites aux deux masses D et D'; nous verrons plus tard que les conclusions auxquelles nous ar-

riverons subsistent toujours, même lorsqu'on ne néglige plus l'influence des bras. Appelons :

m la masse de la boule D;

m' la masse de la boule D';

m'' la masse du manchon Q (en comprenant dans son poids les pressions exercées sur lui par les leviers de transmission et les contre-poids dont ils peuvent être chargés).

Posons en outre :

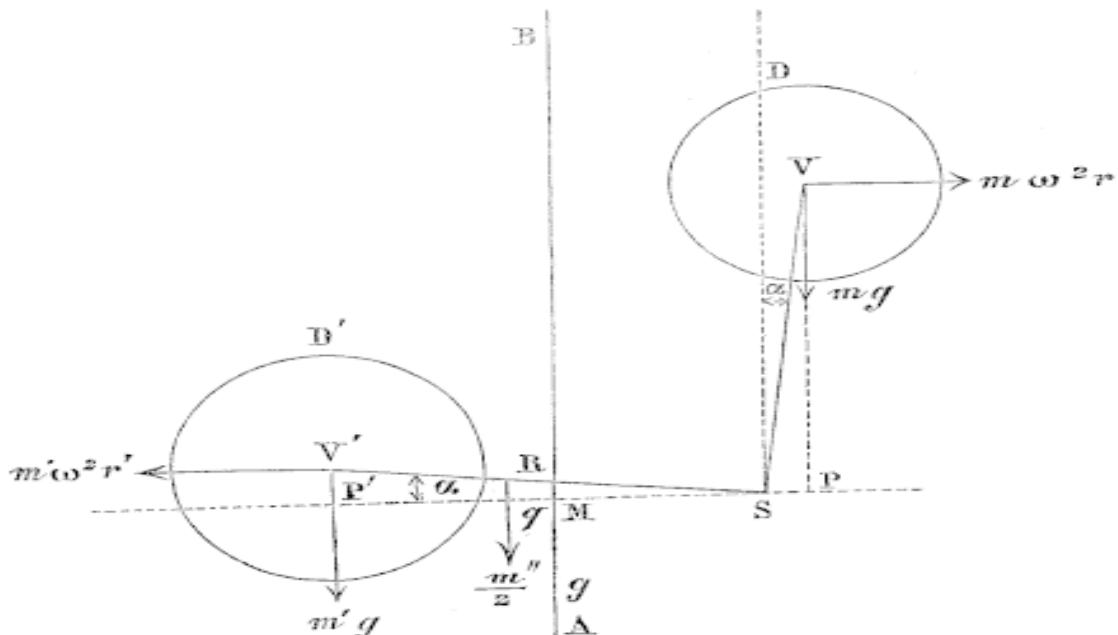
$$m = K \times m',$$

$$m'' = K' \times m',$$

$$SM = \alpha.$$

Considérons l'une de masses mobiles dans une position quel-

Fig. 2.



conque, quand le bras SV fait un angle α par exemple avec la verticale (α étant positif ou négatif suivant que le bras SV est à droite ou à gauche de la verticale). Les forces en jeu sont les suivantes (ω étant la vitesse angulaire de rotation de l'arbre AB) :

$m\omega^2 r$ et mg appliqués en V;

$m'\omega'^2 r'$ et $m'g$ appliqués en V';

et $\frac{m''}{2} g$ appliquée en R (puisque le poids du manchon se répartit également entre les deux organes mobiles).

Calculons quelle doit être la valeur de ω pour qu'il y ait équilibre dans la position considérée, et pour cela prenons les moments par rapport au point S; nous avons ainsi :

$$m\omega^2 r \times VP + mg \times SP = m'\omega^2 r \times VP' + m'g \times SP' + \frac{m''}{2} g \cdot S \cdot q,$$

ou bien, en remarquant que $SV = SV' = 2SM = 2a$, $SR = 1,2a$; $m = Km'$ et $m'' = K'm'$:

$$m\omega^2(a + 2a \sin \alpha) 2a \cos \alpha + mg2a \sin \alpha = m'\omega^2(2a \cos \alpha - a) + \\ + m'g2a \cos \alpha + \frac{m''}{2} g \cdot 1,2a \cos \alpha,$$

d'où l'on déduit :

$$\omega^2 = \frac{g}{a} \times \frac{m' \cos \alpha - m \sin \alpha + 0,3m'' \cos \alpha}{m \cos \alpha + m' \sin \alpha - 2(m' - m) \sin \alpha \cos \alpha}$$

ou

$$\omega^2 = \frac{g}{a} \times \frac{1 - K \operatorname{tg} \alpha + 0,3K'}{K + \operatorname{tg} \alpha - 2(1 - K) \sin \alpha}.$$

Or, comme l'angle ne dépasse jamais 7° , on peut, sans commettre une erreur bien sensible, remplacer $\sin \alpha$ par $\operatorname{tg} \alpha$; on a donc alors :

$$\omega^2 = \frac{g}{a} \times \frac{1 + 0,3K' - K \operatorname{tg} \alpha}{K - (1 - 2K) \operatorname{tg} \alpha}.$$

Pour que le régulateur soit isochrone, il faut que ω soit indépendant de α , c'est-à-dire que, dans la fraction $\frac{1 + 0,3K' - K \operatorname{tg} \alpha}{K - (1 - 2K) \operatorname{tg} \alpha}$, le rapport des deux termes indépendants de $\operatorname{tg} \alpha$ soit égal au rapport des coefficients de $\operatorname{tg} \alpha$; ce qui donne :

$$\frac{1 + 0,3K'}{K} = \frac{K}{1 - 2K}$$

ou

$$1 + 0,3K' = \frac{K^2}{1 - 2K}.$$

Telle est la condition que doit remplir le régulateur pour

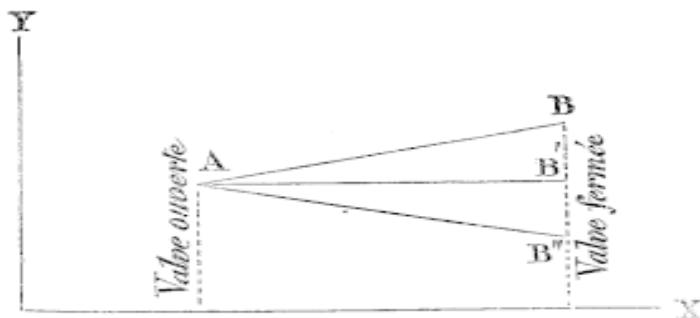
qu'il soit isochrone; rien n'est plus facile que d'y satisfaire, et cela peut avoir lieu d'une infinité de manières, puisque les deux quantités indépendantes K et K' ne sont liées que par une seule équation.

Mais il y a lieu de remarquer que, pour qu'un régulateur fonctionne bien, il ne doit pas être rigoureusement isochrone. Imaginons en effet un appareil de cette espèce qui jouisse de cette propriété, c'est-à-dire dont les boules soient en équilibre dans toutes leurs positions quand la machine fait un même nombre de tours par minute, 40 par exemple (en négligeant bien entendu l'influence des frottements, parmi lesquels il faut compter la résistance de l'organe que le régulateur doit déplacer, une valve pour fixer les idées). Supposons que la machine, marchant d'abord à une allure un peu inférieure à son régime normal, augmente de vitesse par une raison quelconque. Par suite de l'influence des frottements (y compris la résistance souvent considérable de la valve), les boules ne commenceront à se mettre en mouvement que quand le nombre de tours par minute sera sensiblement supérieur à 40, 42 par exemple; mais, à partir de cet instant, les forces de frottement devenant un peu moins fortes qu'au repos, les boules ne trouveront aucune position d'équilibre et elles iront occuper leur position extrême la plus éloignée de l'axe de rotation du régulateur, à moins que, pendant ce déplacement, la vitesse de la machine ne diminue assez vite pour qu'elles s'arrêtent en route; or jamais ce dernier phénomène n'a lieu: les boules vont donc fermer la valve en grand. Au bout de quelques instants, la vitesse de la machine va se ralentir; mais comme les frottements et la résistance de la valve agissent alors en sens inverse de ce qui avait lieu précédemment, les boules ne vont commencer à se rapprocher de l'axe que quand le nombre de tours ne sera plus que de 38 au lieu de 42, et, pour la même raison que tout à l'heure, elles vont aller jusqu'à leur extrémité de course, de sorte que la valve se rouvrira en grand. La machine va alors augmenter de vitesse jusqu'à 42 tours, après quoi le régulateur fermera de nouveau complètement la valve, et ainsi de suite. On aura donc une série de vitesses périodiques qui se reproduiront indéfiniment, et le but que l'on voulait atteindre ne sera pas du tout rempli.

Si, au contraire, le nombre de tours que doit faire l'arbre du régulateur pour que les boules soient en équilibre va suffisamment en augmentant à mesure qu'elles s'écartent de l'axe de rotation, celles-ci, après avoir commencé à se mettre en mouvement, ne tarderont pas à trouver une position d'équilibre dans laquelle elles s'arrêteront, et elles ne continueront à se déplacer que si la vitesse de la machine continue à augmenter malgré la fermeture partielle de la valve; dans ce cas, elles se mettront de nouveau en marche pour s'arrêter quelques instants après, et ainsi de suite jusqu'à ce que l'étranglement de la valve ait ramené la machine à une vitesse telle que le régulateur se trouve de nouveau en équilibre. En d'autres termes, cet appareil ne sera plus exposé à passer brusquement d'un bout à l'autre de sa course, ou, comme on dit, il sera stable.

Pour représenter les choses par un tracé graphique, supposons que l'on construise une courbe AB dont les abscisses représentent la distance des boules à l'axe de rotation, ou toute autre quantité qui varie dans le même sens qu'elle, et dont les ordonnées soient égales au nombre de tours que

Fig. 3.



doit faire le régulateur pour que l'équilibre ait lieu. Pour que l'appareil soit stable, il faut que la ligne AB aille constamment en montant depuis A jusqu'à B. S'il est isochrone, la courbe en question devient une droite AB' parallèle à l'axe des x; le régulateur est alors instable. Il en est de même, *à fortiori*, si la courbe, au lieu d'aller en montant à partir du point A, va en descendant, comme le fait AB'' par exemple.

L'expérience confirme pleinement cette manière de voir: aucun des nombreux régulateurs que nous avons eu l'occasion d'expérimenter n'a été stable quand il a été rendu parfaitement isochrone. On peut, il est vrai, essayer de corriger le défaut de stabilité en forçant le manchon à faire mouvoir un petit organe supplémentaire qui crée une résistance au mouvement des boules dès que celles-ci se déplacent, cette résistance se rédui-

sant d'ailleurs à zéro quand elles cessent de s'éloigner ou de se rapprocher de l'axe; cet organe sera, par exemple, un piston se mouvant dans un cylindre rempli d'air ou d'un liquide quelconque qui ne peut passer que très-difficilement d'une face à l'autre du piston; mais, si l'expérience fait voir qu'on remédie ainsi d'une manière très-sensible au défaut que nous signalons, elle montre également qu'on ne le corrige qu'en partie, et, pour avoir un régulateur réellement stable, il faut altérer plus ou moins l'isochronisme dans le sens que nous avons indiqué; plus on s'en éloigne, plus la stabilité augmente, et rien n'est plus facile que d'obtenir un régulateur parfaitement stable si l'on ne tient pas à ce que, dans toutes ses positions, il fasse faire à la machine un nombre de tours à peu près constant. Les appareils que leurs constructeurs appellent isochrones ne le sont jamais en réalité quand ils fonctionnent bien, soit que l'isochronisme ne soit pas obtenu d'une manière exacte par le jeu des diverses pièces mobiles, soit qu'on l'altère d'une quantité suffisante par l'addition de petits contre-poids ou de petits ressorts supplémentaires.

La quantité minimum (BB' par exemple) dont il faut modifier l'isochronisme pour rendre l'appareil stable, dépend d'une foule de choses : de la nature du régulateur, de la résistance de la valve, de la régularité plus ou moins grande du mouvement de la machine, de la force vive des masses mobiles de celle-ci et de tous les organes qu'elle fait tourner (de la grandeur du volant par exemple), etc. Ces causes sont tellement multiples et leur influence est tellement difficile à apprécier, qu'il est nécessaire de se résERVER le moyen de modifier sur place la stabilité d'un régulateur si l'on veut qu'il puisse s'adapter à une machine quelconque tout en se rapprochant le plus possible de l'isochronisme. Un bon appareil de ce genre, qui n'est pas destiné plus spécialement à telle espèce de machine plutôt qu'à telle autre, doit nécessairement satisfaire à cette condition. Voyons comment le régulateur Buss la remplit : pour cela remarquons que, dans la position moyenne et dans les positions extrêmes des boules, l'angle que nous avons désigné par α a pour valeur $0^\circ - 7^\circ$ et $+ 7^\circ$, de sorte que si ω_0 , ω_1 et ω_2 sont les vitesses angulaires autour desquelles doit tourner l'arbre AB pour qu'il y ait équilibre, on a :

$$\omega_0^2 = \frac{g}{a} \times \frac{1 + 0,3 K'}{K} \quad \text{pour } \alpha = 0^\circ \text{ (posit. moy. des boules),}$$

$$\omega_1^2 = \frac{g}{a} \times \frac{1 + 0,3 K' + K \operatorname{tg} 7^\circ}{K + (1 - 2K) \operatorname{tg} 7^\circ} \quad \text{pour } \alpha = -7^\circ \text{ (valve ouverte en grand),}$$

$$\omega_2^2 = \frac{g}{a} \times \frac{1 + 0,3 K' - K \operatorname{tg} 7^\circ}{K - (1 - 2K) \operatorname{tg} 7^\circ} \quad \text{pour } \alpha = +7^\circ \text{ (valve complét. fermée).}$$

Plus $\omega_2^2 - \omega_1^2$ est grand, plus l'appareil est stable. Or on a :

$$\omega_2^2 - \omega_1^2 = \frac{2g}{a} \operatorname{tg} 7^\circ [(1 + 0,3 K') (1 - 2K) - K^2].$$

Ceci posé, admettons, par exemple, que dans la position moyenne (pour $\alpha = 0^\circ$) le régulateur fasse faire à la machine exactement le nombre de tours voulu, et voyons comment, sans changer en rien celui-ci, on peut régler à volonté la stabilité; nous supposons donc que nous nous imposons la condition

$$\omega_0^2 = \text{constante,}$$

c'est-à-dire

$$\frac{1 + 0,3 K'}{K} = \frac{a \omega_0^2}{g} = \text{constante } C,$$

ω_0 étant la vitesse angulaire assignée d'avance, et nous voulons voir comment varie alors $\omega_2^2 - \omega_1^2$. Or on déduit de ce qui précède :

$$\omega_2^2 - \omega_1^2 = \frac{2g}{a} \operatorname{tg} 7^\circ [CK (1 - 2K) - K^2]$$

ou

$$\omega_2^2 - \omega_1^2 = \frac{2g}{a} \operatorname{tg} 7^\circ [C - (1 + 2C)K] K.$$

La question se réduit donc à savoir comment varie l'expression $[C - (1 + 2C)K]K$ quand on donne à K différentes valeurs. La dérivée de cette expression est égale à $C - 2(1 + 2C)K$, et l'on reconnaît facilement qu'elle est positive ou négative suivant

que K est plus petit ou plus grand que $\frac{C}{2(1 + 2C)}$. Or avec les proportions adoptées pour les régulateurs Buss, on a toujours

$K > \frac{C}{2(1+2C)}$; donc $\omega_2^2 - \omega_1^2$ varie en sens inverse de K , et par conséquent la stabilité augmente ou diminue suivant qu'on diminue ou qu'on augmente le poids des boules supérieures D et D_1 . Ces variations de K n'auront d'ailleurs pas d'influence sur la valeur moyenne ω_0 si l'on a soin de déterminer K' de telle sorte que l'on ait toujours $\frac{1+0,3K'}{K} = \frac{a\omega_0^2}{g}$.

Pratiquement les valeurs de K et K' peuvent se modifier sur place en quelques instants avec la plus grande facilité ; il suffit pour cela de disposer sur les boules D et D_1 , de petites rondelles dont on puisse changer le nombre, et d'ajouter ou de retrancher des contre-poids sur le levier JJ' (fig. 4) prolongé au besoin. Ces opérations, extrêmement simples, permettront de régler un point voulu et indépendamment l'un de l'autre le nombre de tours de la machine et la stabilité du régulateur ; ce sont là évidemment des qualités qu'on doit exiger d'un bon appareil de cette espèce.

Il est facile de comprendre qu'on peut réaliser une foule de dispositifs qui jouissent des mêmes propriétés que celui de Buss ; il suffit en général pour cela : 1° que l'appareil imaginé puisse être rendu isochrone ou à très-peu près en réglant convenablement les proportions relatives de chacune de ses parties ; 2° qu'on ait à sa disposition, dans l'équation qui donne la vitesse angulaire d'équilibre ω , deux quantités variables indépendantes l'une de l'autre dont on puisse modifier les valeurs au moyen d'opérations faciles à exécuter sur place, une fois le régulateur construit et adapté à la machine. On pourra en effet, avec un engin de cette espèce, avoir autant ou aussi peu de stabilité qu'on le désire tout en réglant avec la plus grande exactitude le nombre de tours qu'on s'est fixé d'avance. Parmi les divers appareils de cette nature, celui de Buss est à coup sûr l'un des plus commodes à cause de la facilité avec laquelle il permet de calculer *a priori* les proportions de ses diverses parties, et de modifier ensuite les valeurs des deux variables indépendantes K et K' . On conçoit d'ailleurs qu'il donnerait encore beaucoup plus de latitude si, au lieu de s'imposer d'avance les relations que les constructeurs se sont fixées entre les longueurs SV , SV' et SR (fig. 6), ils avaient laissé tout

variable; mais d'après ce qui précède on voit que cela ne servirait à rien.

La Pl. 66 représente l'application d'un régulateur Buss à une machine à vapeur du système Corliss. Le déclic KK' peut tourner autour de l'axe V fixé au levier UU' qui est animé par la machine d'un mouvement oscillatoire alternatif autour de l'axe X . Pendant une partie de l'oscillation de gauche à droite du levier UU' , le petit déclic KK' se trouve, par l'effet de son poids, en prise avec la tige ll' de l'un des deux distributeurs d'arrivée de vapeur; mais sa queue K ne tarde pas à rencontrer le butoir h , il se soulève à cet instant et laisse libre la tige ll' qui est alors ramenée vivement dans sa position première par la lame d'acier pp' fixée en p' sur le dos de la nervure qq' du levier UU' et faisant l'effet d'un ressort énergique; un cylindre à air gg' percé d'un petit trou t et dans lequel se meut le piston bb' empêche le choc qui sans cela se produirait à la fin de ce mouvement rétrograde. Un second levier, disposé comme le premier, sert à opérer le mouvement du second distributeur d'arrivée de vapeur, et c'est le même butoir h qui règle le moment de soulèvement des deux déclics. Cette installation, que l'on remarque à Vienne sur un certain nombre de machines, donne de bons résultats.

Le régulateur Buss est extrêmement répandu à l'Exposition, et il paraît jouir d'une grande faveur dans plusieurs pays. Ses constructeurs règlent le poids des diverses masses mobiles de façon qu'il soit à très-peu près isochrone; ils prennent en général $K = 0,447$ et $K' = 0,342$, de sorte que l'on a

$$\omega_2^2 - \omega_1^2 = \frac{2g}{a} \operatorname{tg} 7^\circ \times 0,00914.$$

L'appareil est donc tout juste stable, et effectivement on remarque que les régulateurs Buss sont constamment en mouvement lors même que la puissance et la résistance appliquées à la machine ne varient pas; les excursions qu'accomplit ainsi le manchon de l'appareil sont même assez considérables, et il y aurait lieu bien certainement d'augmenter d'une manière sensible la stabilité en sacrifiant un peu de l'isochronisme. Les oscillations dont nous venons de parler seraient encore bien plus grandes si l'on n'avait pas disposé, pour réduire leur am-

plitude, un appareil spécial appelé cataracte ; il se compose simplement d'un tambour annulaire YY' (fig. 4 et 7) à moitié plein d'eau ou d'huile, et oscillant autour de son centre Z quand la tige pendante rr' reliée au manchon du régulateur monte ou descend. La partie supérieure du tambour YY' est fermée par une cloison ii' percée d'un trou très-petit j, de sorte que, quand le tambour se déplace rapidement, le niveau de l'eau ne peut redevenir horizontal que lorsque l'air a eu le temps de passer à travers le trou j. Jusqu'à ce que cela ait eu lieu, la différence de poids des portions du liquide situé de chaque côté de la verticale du point Z oppose une résistance notable à la continuation du déplacement du manchon. La cataracte produit donc un effet de même nature que les petits pistons mobiles dans des cylindres remplis d'air ou d'huile, mais elle présente sur ceux-ci l'avantage de donner encore lieu à une certaine résistance pendant quelques instants après l'arrêt du manchon, tandis qu'avec les autres la résistance devient nulle dès que les boules cessent de s'éloigner ou de se rapprocher de l'axe ; en outre, les frottements supplémentaires que produit l'emploi de la cataracte sont évidemment moindres que ceux d'un piston qui se meut à frottement même très-doux dans un cylindre.

Dans toute l'étude qui précède nous n'avons pas tenu compte de l'effet qu'exercent les bras du régulateur Buss sur son fonctionnement ; il est incontestable que leur influence n'est pas négligeable, mais il est bien clair aussi que les conclusions auxquelles nous sommes arrivés relativement à l'influence qu'exercent les variations qu'on fait subir à K et K' sont toujours vraies ; on pourra donc toujours régler à volonté le nombre de tours et rendre en même temps la stabilité aussi faible ou aussi grande qu'on le désire ; or ce sont là précisément les avantages que nous avons reconnus à l'appareil théorique qui a été l'objet de cette étude.

Régulateur Proell. — Le régulateur Proell (fig. 4, Pl. 68) se compose de deux boules A et A' portées par deux bras recourbés BCD, B'C'D' dont les extrémités inférieures D et D' sont fixées à un manchon L et se meuvent par conséquent sur des parallèles à l'axe de l'appareil ; les points C et C', au contraire, sont assujettis par les bras EG, E'C' à décrire des arcs de

cercle dont E et E' sont les centres, enfin une masse H d'un poids assez considérable est placée au-dessus du manchon L et fait corps avec lui.

Il résulte du dispositif que nous venons de décrire que les boules, en s'écartant de l'axe de rotation, se meuvent sur des courbes que nous avons tracées en AA₁ et A'A'₁. D'après l'inventeur, elles se confondent avec des arcs de cercle dont les centres se trouvent bien au-dessus du régulateur et de l'autre côté de l'axe de rotation par rapport à chacune d'elles, en G et G' par exemple (fig. 3). L'appareil équivaudrait ainsi à un régulateur ayant la forme indiquée par la fig. 2 et analogue par conséquent à celui de Porter, si ce n'est qu'ici les bras seraient croisés comme dans le régulateur Farcot.

Dans le calcul des vitesses angulaires que doit avoir l'arbre MN pour que les boules soient en équilibre dans leurs diverses positions, il n'est pas nécessaire de déterminer les points G et G'. Si nous considérons en effet l'appareil à un moment quelconque et si nous cherchons quel est à cet instant le centre instantané de rotation I (fig. 4) du bras BCD, on a l'équation suivante en prenant les moments par rapport au point I et en appelant

m la masse de chacune des boules A et A',

$m' = Km$ la masse du manchon HH' ($K = 2,4$ d'après le constructeur),

$$m \omega^2 r \times AR = mg \times IR + \frac{m'}{2} g \times ID,$$

d'où

$$\omega^2 = \frac{g \left(IR + \frac{K}{2} ID \right)}{AS \times AR}$$

en négligeant l'effet produit par les bras du régulateur.

Cette expression ne pouvant se mettre sous une forme commode pour la discussion, nous avons calculé les valeurs de ω^2 pour diverses positions des boules comprises entre A et A₁ et nous avons ainsi trouvé qu'à mesure qu'elles s'écartent de l'axe MN, ω va un peu en augmentant et l'appareil paraît se présenter sous ce rapport dans d'assez bonnes conditions de stabilité.

Pour nous rendre compte des modifications qu'exerce sur le régime de cet engin la position des boules A et A' le long de leurs tiges BC, B'C', nous avons également calculé les valeurs successives des vitesses angulaires d'équilibre ω , en supposant les boules plus ou moins éloignées des points C et C', et nous avons vu de cette manière qu'en augmentant suffisamment les distances CA, C'A' par un simple déplacement des boules, le régulateur ne tarde pas à devenir isochrone. Il est à remarquer d'ailleurs qu'on dispose de deux quantités variables à volonté et indépendantes l'une de l'autre : ce sont la position des masses A et A' le long de leurs tiges et le rapport K des quantités m et m' . On doit donc, avec l'appareil Proell comme avec celui de Buss, régler comme on veut la stabilité et le nombre de tours ; seulement le calcul des proportions à donner aux diverses parties de cet engin et la discussion des valeurs qu'il convient d'adopter ne se présentent pas sous une façon aussi simple. Il nous paraît inutile d'insister plus longuement sur ce régulateur, nous ferons remarquer seulement que si, au lieu de recourber les tiges DC, D'C', on les prolongeait de quantités égales à elles-mêmes au delà de C et C' et si l'on remplaçait le poids H par un ressort convenablement calculé, on aurait l'appareil isochrone imaginé par Foucault.

La Pl. 67 montre l'application d'un appareil Proell à une machine du système Corliss ; le manchon L est muni de deux tiges pendantes j et j' qui supportent à leur partie inférieure un cadre muni de deux broches F et F' formant butoirs pour les queues P, P' des déclics en forme de fourches MNP, M'N'P' ; ceux-ci oscillent autour des axes N et N' portés par le châssis RR' qui est animé d'un mouvement rectiligne alternatif par la came T fixée sur l'arbre XX' du régulateur ; ce dernier doit faire forcément le même nombre de tours que t', l'arbre moteur. Quand les déclics MNP, M'N'P' ne sont pas soulevés par les butoirs, ils mordent sur les tiges t et t' des robinets d'arrivée de vapeur, et les forcent à s'ouvrir jusqu'à ce que les déclics soient relevés de nouveau ; à ce moment les ressorts U et U' font fermer rapidement les distributeurs, et les petits pistons à air Y, Y' contenus dans les cylindres fixes pleins d'air V et V' empêchent le choc qui se produirait sans cela à bout de course ; les ressorts U et U' sont comprimés par les pièces gh, g'h' qui sont reliées au châssis

mobile RR' par l'intermédiaire des tiges q et q' . Pour empêcher les queues NP, N'P' de déplacer verticalement les butoirs F et F' et par suite d'agir sur les boules, on a muni le cadre FF' d'un œil court qui embrasse l'arbre XX'; quand les pièces NP, N'P' viennent presser sur leurs butoirs, l'œil en question se coince à cause de son peu de hauteur, et toute action sur le régulateur devient ainsi impossible. L'ensemble de cette installation fonctionne d'une manière satisfaisante, et au point de vue du régulateur elle paraît bien entendue; il y a lieu seulement de faire remarquer que la came T ne doit pas tarder à s'user, ce qui modifie alors d'une manière appréciable la régulation; des effets perturbateurs analogues doivent se produire par suite de l'usure ou du jeu qui peut exister entre les dents des quatres roues dentées qui mettent l'arbre XX' en mouvement.

Outre les divers régulateurs dont nous venons de parler, l'Exposition en renferme encore quelques autres de formes plus ou moins compliquées; aucun de ces derniers ne nous a paru présenter assez d'intérêt pour mériter une description.

MANOMÈTRES. — COMPTEURS. — INDICATEURS.

Nous n'avons rien à signaler de particulièrement intéressant parmi les manomètres, les compteurs, les indicateurs et les autres instruments analogues qui figurent à Vienne. Quelques exposants se font remarquer par le fini et la parfaite exécution des objets de leur fabrication; parmi ceux-ci nous devons citer tout spécialement MM. Schaeffer et Budenberg (de Buckau près Magdebourg) qui ont réuni une très-belle collection des appareils indiqués ci-dessus. Les manomètres de ces industriels sont, soit pareils à ceux de Bourdon, soit composés d'un disque flexible ondulé en acier recouvert d'une mince feuille d'argent pour le protéger contre l'oxydation; ce disque est saisi par tout son pourtour entre les pinces d'une petite boîte métallique dont la partie inférieure est en communication avec la vapeur; les déformations du disque sont transmises à une

aiguille qui se meut sur un cadran divisé et indique ainsi la pression. (Voir la *fig. 6* de la Pl. 68.)

Une disposition à signaler dans les manomètres Schaeffer et Budenberg est celle qui consiste à rendre leurs indications visibles pendant la nuit, en éclairant le cadran au moyen d'une petite lampe à huile placée dans l'intérieur de l'appareil. Cette installation, qui est représentée par les *fig. 4 et 5* de la Pl. 68, est bien conçue et nous paraîtrait mériter d'être essayée. Nous avons également remarqué sur les manomètres l'adjonction d'une ou de deux petites aiguilles supplémentaires pour indiquer la valeur minimum et la valeur maximum de la pression obtenue à la chaudière pendant une certaine période de temps. Ces aiguilles sont entraînées par la grande dans l'un ou l'autre seulement des sens de son mouvement, de sorte qu'elles s'arrêtent ainsi naturellement aux limites extrêmes des excursions de cette dernière ; leurs indications se lisent sur un petit cadran spécial appliqué contre le grand.

Les indicateurs construits par les mêmes industriels sont du système Richard ; ils sont pareils à ceux dont on fait usage en France. On trouve également dans la même exposition des compteurs destinés à indiquer le nombre total des révolutions accomplies par une machine ; ils sont parfaitement exécutés et peuvent, comme les nôtres, se ramener à volonté au zéro ; mais ils ne nous ont pas semblé supérieurs à ceux que possèdent nos arsenaux ; la même remarque s'applique à des appareils du même genre qui sont exposés par M. Deschiens, constructeur bien connu d'instruments de précision à Paris, et qui sont très-employés, paraît-il, dans la marine anglaise.

MACHINES-OUTILS

Par M. MADAMET, Ingénieur de la marine.

L'Exposition renferme un nombre extrêmement considérable de machines-outils destinées au travail des bois et à celui des métaux. Si, parmi ces dernières, on met de côté celles qui ont spécialement pour objet la construction des locomotives et qui n'intéressent point la marine, on reconnaît que les autres ne présentent que peu de particularités nouvelles à signaler ; les arsenaux de l'État possèdent de nombreux spécimens d'engins de cette espèce qui, non-seulement ne le cèdent en rien à la plupart des machines exposées, mais sont à coup sûr supérieurs à une grande partie d'entre elles ; aussi, parmi les dessins qui nous ont été communiqués à ce sujet par les exposants, n'y en a-t-il qu'un très-petit nombre qu'il soit utile de reproduire. Les machines-outils pour le travail des bois nous ont paru, au contraire, assez riches en détails intéressants, et nous pensons qu'il y aurait lieu d'en introduire un certain nombre dans nos ateliers de menuiserie pour réduire d'une manière notable la proportion considérable de travail qui s'y exécute encore à la main. Il importe seulement de remarquer que, pour tirer un véritable profit de ces divers engins il convient, non pas de les grouper tous en un même point, comme cela a généralement lieu aujourd'hui, mais au contraire de les répartir de distance en distance de façon à constituer une série de petits ateliers juxtaposés les uns aux autres, chacun d'eux étant muni des principales machines-outils nécessaires pour accomplir, sinon la totalité, du moins la majeure

partie des travaux de détail qui s'exécutent maintenant à la main, soit par suite du manque de machines appropriées à ce but, soit par suite de la position qu'elles occupent à l'une des extrémités de l'atelier.

MACHINES-OUTILS POUR LE TRAVAIL DES BOIS.

La construction des machines-outils destinées au travail des bois a atteint maintenant, dans certaines usines, un haut degré de perfection; non-seulement l'agencement des détails et l'exécution matérielle d'un assez grand nombre des spécimens exposés montrent que ceux-ci réunissent toutes les conditions de durée, de solidité, de bonne et rapide exécution du travail en même temps qu'une grande élégance de formes; mais en outre, si l'on parcourt la liste complète des produits des divers fabricants, on ne tarde pas à se convaincre que l'industrie des machines à travailler les bois a été assez perfectionnée et est assez riche en débouchés pour avoir donné lieu à une série extrêmement nombreuse d'appareils étudiés en vue de chaque espèce de travail et spécialement appropriés à ce but. Une grande partie des types en question, dont les bons résultats ont été constatés par l'expérience, sont construits sous des formes presque identiques par plusieurs industriels; aussi, sauf quelques engins dont la fabrication est protégée par un brevet, ceux dont il sera question dans ce rapport ne doivent être considérés le plus souvent que comme des exemples de mode d'exécution et d'agencement des détails, et non pas comme des produits spéciaux à telle ou telle usine. Malgré l'abondance des machines-outils envoyées à Vienne, l'Exposition est loin d'ailleurs de donner une idée complète des ressources qu'offrent actuellement certains ateliers de construction à toutes les personnes qui ont des bois à mettre en œuvre.

La plupart des fabricants en renom ont adopté d'une manière définitive l'usage des bâts creux afin d'éviter le plus possible toute espèce de vibrations, et en général ils se sont en

outre attachés à faire exécuter par une seule et même machine des opérations qui se faisaient autrefois séparément. Parmi les divers constructeurs qui ont exposé leurs produits à Vienne, nous devons signaler tout particulièrement M. Ransome, dont les appareils nous ont paru très-bien entendus et parfaitement exécutés ; une foule de dispositions ingénieuses ont été adoptées par cet industriel pour rendre plus parfait et en même temps plus rapide le travail que produisent les machines de sa fabrication. Il est parvenu, en particulier, à faire tourner à près de 6,000 tours par minute les outils destinés au rabotage des bois, tandis que la pièce à travailler parcourt plus de 12^m,20 pendant le même temps. Pour atteindre ces résultats, M. Ransome emploie pour ses porte-outils des arbres qui sont faits avec de l'acier doux durci à l'extérieur, et sont supportés à leurs deux extrémités dès que leur longueur dépasse 10 ou 12 centimètres ; il peut ainsi leur donner un faible diamètre et les placer dans de bonnes conditions de frottement tout en leur assurant une résistance suffisante ; en outre les coussinets de ces porte-outils ont une grande longueur et sont munis d'un système très-simple de graissage automatique ; le demi-coussinet du bas est percé à cet effet d'une fente dans laquelle est introduit un morceau de feutre dont la partie inférieure plonge dans un réservoir d'huile complètement fermé ; celle-ci, aspirée en vertu de la capillarité, arrive parfaitement pure au contact de l'arbre tournant et se répand sur toute sa surface ; des pattes d'araignée convenablement tracées la ramènent ensuite au réservoir. On munit en outre les coussinets en question de moyens de serrage tels qu'on puisse remédier de suite à la moindre usure, dès qu'il s'en produit soit sur le diamètre, soit sur la longueur. Il convient aussi de faire les porte-outils le plus légers possible, et de les disposer de telle sorte que l'axe de leur arbre soit un axe d'inertie principal pour tout l'ensemble de la masse tournante. Quant à ce qui concerne le mode d'entrainement de la pièce à travailler, il doit être tel que celle-ci se meuve d'une manière régulière sans saccades brusques et sans pouvoir reculer sous l'action des outils ; elle doit être solidement tenue de façon à ne pas vibrer, et les organes de pression doivent agir le plus près possible de l'endroit où le bois est attaqué. On a soin enfin que l'ajustage des

diverses pièces mobiles et en particulier celui de l'arbre porte-outil soit fait d'une manière parfaite, et l'on évite toute vibration un peu forte en faisant usage des bâts creux dont nous avons parlé, et que l'on fixe solidement sur une fondation parfaitement rigide. Grâce à cet ensemble de précautions multiples on parvient à obtenir en service courant les vitesses de rotation que nous avons indiquées tout à l'heure, et l'on peut ainsi, pour une même vitesse d'entraînement du bois, obtenir des surfaces plus lisses et mieux travaillées, ou bien encore, ce qui revient au même, accomplir notablement plus de besogne à égalité de perfection de travail.

Nous allons maintenant passer en revue les principales machines-outils pour le travail des bois exposées à Vienne.

SCIÉS A MOUVEMENT ALTERNATIF.

Dans la section anglaise, on trouve plusieurs spécimens de scies demi-fixes qui sont destinées principalement au débit en forêt, mais qui conviennent néanmoins à une foule d'autres cas. Pour ce genre de travaux, on paraît avoir complètement renoncé maintenant aux engins montés sur roues et par suite complètement locomobiles; on a reconnu en effet qu'avec une installation de cette espèce, il était impossible d'obtenir la stabilité et la rigidité nécessaires, et l'on préfère se servir d'appareils que l'on peut démonter et remonter en peu de temps, et dont les pièces se transportent avec facilité. On a soin que ces scies n'exigent qu'une fosse très-peu profonde et qu'elles n'aient besoin, pour toutes fondations, que de quelques madriers ou d'un petit massif de briques. Pour réaliser ces conditions, on adopte en général la disposition suivante : l'arbre moteur placé peu au-dessus du niveau du sol porte deux manivelles qui sont situées de chaque côté de deux bâts verticaux, et font mouvoir deux bielles dont les extrémités opposées sont fixées à la traverse supérieure du châssis porte-lames; sur une poulie clavetée sur l'arbre moteur s'enroule une courroie mise en mouvement par une locomobile ou par un autre moyen quelconque. Ce

Le système est bien conçu, et quand il est bien exécuté il donne d'excellents résultats, pourvu toutefois que le châssis mobile offre assez de roideur pour empêcher les lames de fléchir pendant qu'elles sont en prise avec le bois; il est d'ailleurs facile de réaliser cette condition comme cela a lieu dans les dispositifs où l'arbre moteur est placé à la partie supérieure des bâts. Les appareils de ce genre ne conviennent que pour des pièces dont le diamètre atteint au plus 0^m,75; au delà de cette limite ils ne présentent plus assez de rigidité, et l'on fait alors en général usage de scies dont l'arbre moteur, placé bien au-dessous du niveau du sol, actionne au moyen d'une manivelle et d'une bielle la traverse inférieure du châssis mobile. Cette disposition est celle que l'on doit préférer pour une installation définitive, bien que la précédente soit encore admissible dans ce cas pour des pièces de moyenne ou de petite dimension.

Deux constructeurs anglais, Worssam et Ransome, exposent des scies transportables établies de la manière que nous avons indiquée tout à l'heure et offrant entre elles beaucoup d'analogie; elles sont représentées par les Pl. 69 et 70. Dans la première (Pl. 69) la pièce à travailler repose sur deux rouleaux contre lesquels elle est appuyée par les contre-poids V. L'avance est intermittente; elle est donnée par un excentrique fixé sur l'arbre moteur et imprimant un mouvement circulaire alternatif à l'arbre C et aux leviers CD et EF dont le dernier porte un linguet G agissant par frottement dans l'intérieur de la gorge de la roue HK, exactement comme le ferait un encliquetage Dobo. L'arbre E porte un pignon qui engrène avec les deux roues LL', MM' montées sur le même axe que les rouleaux, et les force ainsi à faire avancer la pièce de bois. Afin d'éviter tout mouvement de la roue HK pendant le retour du levier EF, on dispose un second linguet P dont l'axe est fixe et se trouve en outre relié à l'arbre E au moyen du bras EP; ce dernier a pour objet d'empêcher tout écartement des points E et P, et il assure ainsi le fonctionnement de ce mécanisme. Pour faire varier l'avance suivant la dureté plus ou moins grande des bois et le nombre des lames en prise, il suffit de déplacer le bouton A dans l'intérieur de la coulisse BD.

Les extrémités de la pièce à scier reposent sur deux chariots Q munis de fortes griffes R et roulant sur des rails de façon

que l'entraînement soit parfaitement rectiligne ; comme celles-ci peuvent recevoir un petit déplacement latéral quand on tourne la vis S, on peut aussi, si on le veut, suivre pendant le travail le contour d'une pièce légèrement courbe.

L'appareil que nous venons de décrire est disposé de façon à pouvoir scier une bille ronde, ou refendre deux pièces déjà équarries ; dans ce dernier cas on place entre les deux bâts et dans la partie centrale, des rouleaux verticaux de pression qui sont actionnés par des contre-poids ou par des ressorts, et qui appliquent fortement les madriers contre les faces verticales intérieures des bâts ; celles-ci ont été rabotées de façon à être parfaitement planes. Cette installation est très-commode pour les industriels qui n'ont pas assez de travaux pour occuper constamment une scie à débiter des bois en grume et une autre à refendre ; mais elle présente peu d'intérêt pour la marine ; elle est reproduite avec quelques variantes chez tous les exposants anglais. Les rouleaux verticaux s'enlèvent et se repiaient à volonté en très-peu de temps et avec la plus grande facilité.

Une disposition origininaire d'Angleterre, et exclusivement adoptée non-seulement par les exposants de ce pays, mais encore par ceux d'Autriche et d'Allemagne, consiste dans l'encliquetage par frottement G, substitué à la roue à rochet pour donner l'avance à la pièce de bois. Ce mécanisme présente l'inconvénient d'avoir un fonctionnement moins sûr que le second, de s'user plus vite et d'exiger plus de soins ; aussi la faveur dont il jouit ne nous paraît-elle pas méritée.

La scie Worssam, que nous venons de décrire, est un appareil bien conçu et bien exécuté ; ses diverses pièces, toutes métalliques, présentent une solidité suffisante tout en étant légères ; le châssis porte-lames en particulier est construit en fer et en acier afin d'avoir toute la rigidité nécessaire.

Les remarques qui précèdent s'appliquent également à la scie transportable de Ransome (Pl. 70) qui présente, ainsi que toutes les machines de ce constructeur, un grand cachet d'élégance et en même temps de simplicité. Elle ne diffère de la scie Worssam que par les points suivants : l'avance de la pièce de bois, au lieu d'être produite par un excentrique, est donnée par une coulisse qui est portée par le tourillon de l'une des

manivelles, et dans laquelle se déplace à volonté le bouton D suivant la dureté des bois à scier. En outre, les contre-poids P et leurs leviers, au lieu d'être disposés comme d'habitude, sont retournés tous les deux à angle droit, afin d'être plus à portée de l'ouvrier qui surveille le travail. Les roues dentées qui transmettent le mouvement aux rouleaux d'entraînement sont invisibles dans la figure ; elles sont renfermées dans les bâts creux de l'appareil. Comme dans la scie Worssam, on peut adapter en peu d'instants une installation propre à refendre des madriers.

Un autre constructeur anglais, Robinson, expose aussi une scie demi-fixe qui ressemble aux précédentes en plus d'un point ; mais comme sa disposition est moins simple que la leur, nous nous bornerons à mentionner sa présence.

Dans la section française, on trouve également une scie demi-fixe construite par Arbey et destinée au même usage que celles des exposants anglais ; elle est parfaitement conçue, et offre plusieurs particularités intéressantes qui n'existent pas dans celles-ci ; mais on ne peut s'empêcher de remarquer que son aspect général est beaucoup moins satisfaisant à l'œil que celui des appareils similaires anglais ; elle est représentée dans tous ses détails par la Pl. 71. L'arbre moteur placé dans une fosse peu profonde commande, comme précédemment, la traverse supérieure du châssis porte-lames qui est formé de fers à I et équilibré par des contre-poids ; le bois à débiter repose par ses extrémités sur deux chariots guidés par des rails et animés d'un mouvement d'avance intermittent par le moyen de chaînes Galle et d'une roue à rochet ; celle-ci est actionnée par un linguet monté sur la branche verticale d'une équerre dont l'autre branche est attachée à une bielle d'excentrique partant de l'arbre des volants ; en déplaçant le point d'attache de la bielle sur l'équerre, on fait varier l'avance à volonté. L'entraînement du bois au moyen des chariots sur lesquels repose la pièce a l'avantage d'empêcher complètement celle-ci de reculer sous l'action de la scie, comme cela arrive parfois avec des rouleaux quand on débite de grosses billes en un assez grand nombre de morceaux ; en outre la force nécessaire pour opérer l'entraînement est moins grande et par suite la puissance motrice qu'exige un appareil de cet espèce est notable-

ment moindre que dans les scies précédentes. La réunion des chariots à leurs chaines Galle étant effectuée au moyen de crochets qu'on enlève à volonté, on n'a pas besoin de faire revenir celle-ci sur ses pas à la fin du débit de chaque bille comme cela est nécessaire avec la disposition à crémaillère, et par conséquent une pièce peut suivre l'autre sans aucun arrêt comme si l'on faisait usage de rouleaux d'entraînement.

La scie Arbey débite à volonté des bois en grume ou des madriers ; dans ce dernier cas on ne se sert pas des chariots, et l'avance du bois est produite par des cylindres verticaux qui peuvent se rapprocher ou s'éloigner l'un de l'autre et sont animés d'un mouvement de rotation intermittent par la machine. Si cependant le madrier était trop lourd, il serait bon de le faire supporter et amener par les chariots en même temps que par les cylindres verticaux ; dans cette prévision on a fait en sorte que les deux vitesses d'entraînement soient exactement les mêmes. Enfin il existe un levier à l'arrière de l'appareil, pour pousser les bois etachever de les faire traverser les lames après qu'ils ont quitté les cylindres verticaux d'aménage.

Les dispositions que nous venons d'indiquer nous semblent très-heureusement combinées tant au point de vue de la perfection et de la commodité du travail que de la faible valeur de la force motrice nécessaire pour l'accomplir ; aussi pensons-nous que l'appareil exposé par Arbey est l'un des meilleurs de l'espèce pour le travail auquel il est destiné.

Dans la section autrichienne et dans la section allemande, on trouve un grand nombre de scies qui exigent toutes des fondations profondes et qui présentent cette particularité que la pièce de bois se trouve saisie entre quatre rouleaux qui sont tous animés d'un mouvement de rotation par la machine. La Pl. 72 représente l'un de ces appareils construit par un industriel de Vienne. L'arbre moteur A actionne au moyen d'une bielle et d'une manivelle la traverse supérieure du châssis porte-lames ; à cette dernière est également fixée l'extrémité d'une tige CD qui imprime un mouvement alternatif au linguet E ; on règle à volonté l'avance en tournant à la main l'extrémité K d'une vis qui déplace le bouton G le long de la coulisse LL' dont l'un des points est fixe. Le mouvement alternatif de la roue NN' se transmet au moyen d'engrenages aux

deux rouleaux inférieurs P, et ceux-ci font tourner à leur tour les deux rouleaux supérieurs R par l'intermédiaire de roues d'angle T et T'. Ces derniers R sont fixés aux crémaillères U et U' qu'on peut faire monter ou descendre au moyen des roues à main V et V', et sur lesquelles agissent en temps ordinaire les contre-poids Q et Q' de façon à exercer une forte pression sur la pièce de bois, et à assurer ainsi son entraînement. Cet agencement compliqué ne présente aucun avantage, et il serait certainement préférable d'adopter les dispositions plus simples des constructeurs français ou anglais; c'est cependant à peu près la seule employée en Autriche et en Allemagne pour le débit des bois en grume; on la retrouve en particulier dans plusieurs des scies qui sont exposées par les frères Schmaltz, grands constructeurs de machines-outils à Offenbach-sur-le-Main, et qui ne présentent par ailleurs aucune particularité intéressante.

Avant d'en finir avec les scies alternatives, nous dirons quelques mots d'un dispositif adopté par la « Compagnie de Prague pour la construction des machines » (Prager Maschinenbau Actien Gesellschaft). Il consiste à rendre le châssis porte-lames amovible, de façon qu'on puisse l'enlever et le remplacer par un autre contenant des lames fraîchement affûtées. Le but qu'on se propose ainsi est de diminuer la perte de temps que nécessite le changement des lames dans les châssis habituels; mais l'avantage qui peut résulter de l'emploi de ce dispositif doit être très-faible, si même il n'est pas complètement nul, et nous ne croyons pas qu'il mérite d'être adopté. On nous a affirmé d'ailleurs que plusieurs constructeurs de machines-outils, après en avoir fait usage pendant quelque temps, avaient fini par l'abandonner.

La « Compagnie de Prague » profite de la possibilité du changement du châssis porte-lames pour le retourner de 180° quand on a achevé de donner un premier trait de scie d'un bout à l'autre d'une pièce lourde et volumineuse; on met alors en prise avec la roue qui donne l'avance un second jeu de linguets disposés en sens inverse des premiers, de sorte que la pièce de bois revient sur ses pas en traversant la scie qui l'équarrit sur ses deux autres faces; on évite de cette manière le transport de la pièce sur une longueur égale à la sienne;

mais c'est là un avantage trop faible pour modifier l'appréciation que nous avons émise tout à l'heure à ce sujet.

SCIERS A RUBAN.

Les scies à ruban sont très-nOMBREUSES à Vienne, et quelques-unes d'entre elles présentent des particularités intéressantes. Contrairement à ce qui avait lieu en 1867, les appareils de ce genre paraissent être abandonnés maintenant pour le débit en forêt des gros bois en grume; on a reconnu en effet que les lames très-longues sont extrêmement sujettes à fouetter, et qu'elles ne donnent que difficilement des traits droits à moins qu'on ne les tende à un point tel que les coussinets de leurs poulies ne soient sujets à s'échauffer à tout instant. Même avec des ouvriers habiles, une voie très-régulière et une forte tension, il suffit dans ce cas que les bois ne présentent pas partout la même dureté pour que le trait cesse d'être rectiligne dans la partie haute. Pour toutes ces raisons, on préfère beaucoup actuellement pour le travail en forêt les scies verticales alternatives du type demi-fixe que nous avons décrit précédemment.

Dans toutes les scies à ruban qui figurent à Vienne, sauf dans celle de la section française, la poulie porte-lames supérieure n'est pas maintenue en place d'une manière invariable dans les diverses positions qu'elle peut occuper; elle est susceptible de se déplacer légèrement dans le sens vertical, de façon que si, pour une raison quelconque, la lame éprouve une tension anormale, la poulie en question descend un peu et évite ainsi le plus souvent une rupture; avec cette disposition, on n'a plus besoin de régler avec autant de soin à la main la position initiale de la poulie supérieure au commencement du travail, de la soulever quand la lame s'échauffe, et de la faire descendre au contraire aussitôt qu'on cesse de scier afin d'empêcher le refroidissement de provoquer une rupture; en un mot, un ouvrier moins habile peut se servir de la scie à ruban tout en causant moins d'avaries. Cette installation était déjà adoptée en

1867 par plusieurs industriels, qui continuent à en faire usage, et l'extension considérable qu'elle a prise depuis ce moment témoigne en faveur de son efficacité ; quelles que soient d'ailleurs les formes diverses qu'elle revête, les points suivants lui sont communs chez tous les exposants : la poulie supérieure porte-lames est fixée comme d'habitude sur un chariot qui monte ou descend dans des glissières verticales quand on fait tourner une roue à main clavetée sur un arbre vertical fileté ; seulement celui-ci, au lieu d'être maintenu dans des collets invariables, a un peu de jeu dans le sens de son axe, et il est fortement tiré ou poussé de bas en haut soit par des contre-poids, soit par des ressorts dont l'action se transmet ainsi à la poulie, quelle que soit la position qu'on lui fasse occuper suivant la longueur de la lame sans fin ; la disposition de ces contre-poids, celle des ressorts et leur nature (acier ou caoutchouc) varient d'ailleurs d'une infinité de manières suivant les constructeurs.

Dans les scies Ransome, l'organe tendeur est un ressort logé dans la boîte R (*fig. 5 et 6*, Pl. 73) ou bien un contre-poids disposé comme l'indique la *fig. 4*. Les bâts de ces appareils sont creux de manière à donner une grande rigidité, et leur forme est combinée de telle sorte qu'on ait un large espace disponible pour la manœuvre des pièces ; la base est d'un seul morceau, comme cela a toujours lieu maintenant. Les poulies porte-lames sont recouvertes de cuir tourné, mais elles ne portent point de rebords afin de diminuer les chances de rupture ; une disposition spéciale est prise pour empêcher les lames de décapeler de leur surface et pour les graisser d'une manière automatique quand elles s'échauffent, ce qui dispense de le faire à la main ; voici en quoi elle consiste : au-dessus et au-dessous de la table sont disposées en C et en D deux petites barres d'acier, l'une fixe, l'autre MM' (*fig. 7 et 8*) mobile suivant la hauteur de la pièce à scier ; elles sont appliquées contre le dos de la lame GH et contiennent un petit réservoir K rempli de suif ; des canaux horizontaux L partant de ce dernier aboutissent au dos de la lame, de sorte que quand celle-ci s'échauffe, elle fait fondre le suif et en se graissant ainsi elle-même, elle abaisse un peu sa propre température. Des guides verticaux en bois sont en outre placés comme d'habitude en C et en D au-dessus et au-dessous de la pièce à scier, afin d'empêcher la lame de

fouetter, ou bien de se tordre quand on fait des traits curvili-
gnes. Toutes ces dispositions sont bien conçues et leur agence-
ment est assez simple; on en trouve d'à peu près semblables,
quoique plus compliquées, dans la scie Whitney (section amé-
ricaine); cet industriel fait également usage d'un tendeur élas-
que, qui est un ressort en caoutchouc.

Dans l'un des deux modèles de scie à ruban exposés par Ran-
some et représenté par la *fig. 5*, la table peut s'incliner à la
main; dans l'autre, c'est la machine elle-même qui opère ce
mouvement dont la vitesse peut avoir, suivant les besoins,
quatre valeurs différentes; un index placé sur la table se meut
sur un cadran divisé de façon qu'on peut voir à tout instant
quel angle fait celle-ci avec l'horizon. Pour se servir de cet ap-
pareil, on trace sur le dessus de la pièce de bois des repères
correspondant à divers équerres connus, et on la pousse à
la main avec une vitesse telle que les repères se présentent à la
scie en même temps que l'index passe en face du nombre cor-
respondant de degrés sur le cadran. Entre les mains d'un ou-
vrier qui exécute souvent cette manœuvre, l'agencement que
nous venons de décrire est certainement capable de donner de
bons résultats, et il doit se prêter très-bien au débit rapide de
certaines pièces courbes d'une nature spéciale; on peut d'ailleurs
désembrayer à volonté le mécanisme d'inclinaison automatique
de façon à se trouver ramené au système habituel.

Dans la scie Robinson (*fig. 3*, Pl. 75) ainsi que dans celles de
Worssam, de Pfaff et Fernau (de Vienne), de Gschwindt et
Zimmermann (de Carlsruhe), l'organe de tension est un contre-
poids disposé partout à peu près de la même manière.

Powis (section anglaise) fait usage, au lieu d'un contre-poids,
d'un ressort PQ formé de plusieurs lames d'acier superposées
(*fig. 4*, Pl. 75); les deux roues à main M et N sont commode-
ment disposées pour faire monter ou descendre le chariot R
et pour bander à volonté le ressort PQ. Le même constructeur
expose une autre scie dans laquelle l'axe de la poulie porte-
lames supérieure AB (Pl. 74) peut courir à volonté dans la
rainure circulaire CD, de façon qu'on puisse donner de l'é-
querrage sans incliner la table. Cette disposition, qui figurait à
l'Exposition de 1867, doit être commode quand on a affaire à
des pièces lourdes et volumineuses; elle permet en outre, en

inclinant en même temps la table en sens inverse, d'obtenir des obliquités considérables qu'il serait difficile d'atteindre avec le système habituel; néanmoins l'usage de cet appareil ne paraît pas s'être beaucoup répandu; il est muni, comme le modèle précédent, d'un tendeur élastique.

Dans la section allemande, on trouve plusieurs scies sans fin dans lesquelles la poulie supérieure porte-lames a un certain jeu; l'une d'elles, construite par la «Fabrique de machines-outils de Chemnitz» (*Chemnitzer Werkzeug-Maschinen Fabrik*, ancienne usine Zimmermann), est représentée par les *fig. 1 et 2*, Pl. 73; le tendeur se compose ici de deux ressorts en acier G et H qui ont pour effet de soulever la vis LM et par suite le chariot R dans le sens de la flèche f; c'est sur celui-ci que sont fixés les deux supports P et Q de la poulie ST. La table est percée d'une rainure rectiligne qui est munie d'une graduation et en un point quelconque de laquelle se fixe le centre d'un levier; à l'une des extrémités de ce dernier, on place les pièces que l'on veut scier en arc de cercle, et en faisant mouvoir l'autre à la main, on obtient avec une grande exactitude la courbure demandée.

Dans la scie Schmaltz les ressorts en acier dont nous venons de parler sont remplacés par des rondelles de caoutchouc placées de la même manière et produisant un effet de même nature. Une bonne disposition que présente cet appareil est celle du frein destiné à le ramener rapidement au repos quand la courroie motrice est déembrayée; au lieu de presser seulement sur l'une des poulies porte-lames, il est double et agit sur les deux en même temps, ce qui diminue évidemment les chances de rupture du ruban d'acier.

Dans la section française, Arbey, d'une part, et Périn, de l'autre, exposent plusieurs modèles de scies sans fin qui sont bien établies et bien exécutées, mais n'offrent aucune disposition nouvelle. Nous citerons seulement les deux guides représentés par les *fig. 1 et 2* de la Pl. 73, et employés par Arbey, l'un pour refendre les madriers, l'autre pour scier avec de l'équerrage; ils sont bien disposés et donnent de meilleurs résultats que quelques-uns des appareils analogues, mais moins précis, employés souvent dans le même but.

SCIRES CIRCULAIRES.

Les scies circulaires que l'on trouve à Vienne ne présentent guère de particularité qui ne soit entrée dans la pratique courante des constructeurs anglais ; néanmoins plusieurs points de détail relatifs à leur emploi n'étant pas encore aussi connus en France qu'ils méritent de l'être, nous croyons devoir entrer dans quelques développements à ce sujet.

Ransome expose une scie circulaire à aménage automatique destinée au travail des gros bois et représentée par la *fig. 9* de la Pl. 73. L'arbre de cet appareil est muni de trois coussinets, dont deux comprennent entre eux la lame travaillante, tandis que la troisième, fixée sur un petit bâti indépendant, a pour but d'éviter que la poulie motrice ne soit en porte-à-faux. Un volant A, manœuvré à la main, met en mouvement une vis qui fait avancer ou reculer le guide contre lequel le rouleau B, actionné par un contre-poids, applique la pièce à travailler ; ce guide peut en outre, au moyen d'un mécanisme très-simple, s'incliner à volonté de façon à permettre un sciage oblique ; cette dernière disposition peu usitée, en France, est au contraire assez employée à l'étranger.

L'avance automatique s'obtient de la manière suivante : une poulie à quatre vitesses, montée sur l'arbre de la scie, en commande une autre semblable D qui porte une vis sans fin engrenant avec une roue striée. Sur l'axe de celle-ci est fixé un pignon qui conduit un engrenage pratiqué à l'intérieur du tambour E, et c'est sur ce dernier que s'enroule la corde qui entraîne le bois par le moyen du crampon G ; enfin deux chariots H et K servent à supporter les deux extrémités de la pièce quand sa longueur ou son poids sont un peu considérables. Ce mécanisme est bien conçu ; il est plus simple que les treuils qu'on emploie parfois pour le même objet, et il est protégé contre tout choc accidentel par les bâts de l'appareil ; enfin rien n'est plus facile que de s'en débarrasser quand on veut ne pas en faire usage.

Une disposition à signaler dans la scie Ransome est l'adjonction de deux tresses huilées fixées sous la table dans des mas-

sifs en bois, et appliquées fortement contre la lame. Leur but est, non pas seulement de constituer deux guides pour le mouvement de celle-ci, mais principalement de donner lieu, pendant le mouvement de la scie, à la production d'une certaine quantité de chaleur qui l'échauffe uniformément et l'empêche ainsi de se voiler. Nous n'avons pu savoir quelle est en réalité l'efficacité de cette installation qui figurait à l'Exposition de 1867.

Robinson et Powis (section anglaise) exposent chacun de leur côté une scie ayant le même but que la précédente et présentant les mêmes dispositions d'ensemble; elle n'en diffère que par l'espèce et l'agencement des engrenages qui conduisent le tambour à corde.

Dans la section allemande, on trouve sous le nom des frères Schmaltz un appareil du même genre dans lequel le mécanisme automoteur consiste en un treuil ordinaire mû par l'arbre de la scie, et est par conséquent plus volumineux et plus sujet aux avaries que ceux que nous venons de décrire.

Un autre spécimen de scie circulaire dont nous dirons quelques mots est celui qu'expose la « Fabrique de machines-outils de Chemnitz » (Chemnitzer Werkzeugmaschinen Fabrik, ancienne usine Zimmermann) et qui est figuré sur la Pl. 76. Il est destiné à tirer des planches de largeur et se compose de deux scies circulaires A et B dont l'une est fixe et dont l'autre peut se déplacer suivant son axe au moyen de la vis D manœuvrée par le volant E; une échelle tracée sur l'appareil permet de placer rapidement les deux lames à la distance demandée. Le bois est saisi de chaque côté des scies entre deux rouleaux dont le plus élevé est mobile de façon à s'adapter à diverses épaisseurs. L'entraînement se fait d'une manière automatique au moyen des engrenages K qui font tourner les rouleaux inférieurs. Cet appareil est d'un usage commode, mais son emploi est évidemment exclusivement réservé aux ateliers assez importants pour avoir à exécuter d'une manière à peu près constante le genre de travail auquel il est destiné.

Nous citerons enfin une scie circulaire à deux lames munies de dentures différentes et destinées à couper le bois, la première dans le sens des fibres, la seconde dans une direction perpendiculaire; par un mécanisme très-simple l'une d'elles

s'élève au-dessus de la table, tandis que l'autre s'abaisse, de façon qu'il n'y en a jamais qu'une en travail. Cet outil, exposé par M. Whitney (section américaine), et dont la disposition n'est pas nouvelle, paraît plus ingénieux qu'utile.

Les descriptions qui précèdent suffisent pour donner une idée générale des diverses scies circulaires exposées à Vienne; mais il nous reste encore à signaler plusieurs applications intéressantes de cet outil qui se trouvent disséminées dans divers appareils pour le travail des bois qui figurent à l'Exposition; l'une des plus remarquables à coup sûr est celle qui consiste à incliner la scie sur son axe; la lame ainsi disposée agit sur le bois exactement comme le ferait une fraise dont la largeur serait égale à sa projection sur l'axe de rotation, et, par suite, elle pratique avec une facilité et une rapidité étonnantes des rainures ou des feuillures ayant telle largeur que l'on veut; les surfaces ainsi obtenues, quoique un peu velues, sont néanmoins très-suffisantes dans la plupart des cas. La tenue de la lame sur son arbre peut se faire très-simplement, même dans les appareils qui n'ont pas été primitivement destinés à cet usage; on peut par exemple adopter l'agencement suivant: la lame AB (fig. 3, Pl. 73) est saisie entre les deux anneaux C et D qui sont fortement pressés l'un contre l'autre par les mâchoires E et F et l'écrou G. Les surfaces tant intérieures qu'extérieures des mâchoires et des anneaux sont arrondies de telle sorte que ceux-ci puissent facilement s'obliquer sur l'arbre MN quand l'écrou G est desserré, et par suite on peut donner à la scie telle obliquité que l'on veut.

Pour retirer de cette installation ingénieuse, extrêmement répandue en Angleterre, tous les avantages qu'elle est susceptible de donner, il convient en outre de disposer l'axe de la scie de façon qu'il puisse monter ou descendre à volonté, afin qu'on ait le moyen de régler comme on veut la profondeur des rainures; cela ne présente aucune difficulté, et l'on voit à l'Exposition un assez grand nombre de scies de tous pays dans lesquelles ce déplacement s'opère d'une façon extrêmement commode et pratique. Ainsi disposé, l'appareil qui nous occupe mériterait d'être employé dans tous nos arsenaux; plusieurs fabricants le complètent en outre d'une manière très-avantageuse en fixant sur l'extrémité de l'arbre opposée à la scie une mèche

à percer et en plaçant en face de cet outil une table destinée à recevoir une pièce de bois, et mobile dans trois directions rectangulaires; on peut, au moyen de cette addition très-simple, percer et mortaiser avec la plus grande facilité; souvent aussi on ajoute à cet engin un porte-outil muni de fers de rabots que l'on peut substituer en peu d'instants à la lame de scie; on peut alors raboter de petits objets, ou, en faisant usage de fers convenables, obtenir des rainures et des languettes. On a soin enfin, comme dans la scie circulaire Ransome précédemment décrite, de faire en sorte que le guide du bois puisse s'incliner sur la table et s'éloigner ou se rapprocher de la lame. L'appareil ainsi construit conserve un grand cachet de simplicité, il est peu coûteux et donne le moyen d'exécuter un nombre assez considérable des opérations de détail qu'on rencontre à chaque instant dans les travaux de menuiserie; il faut seulement munir l'arbre porte-outil de poulies permettant de le faire tourner à deux vitesses différentes, car le nombre de tours qui convient aux fers à raboter est trop grand pour la scie circulaire et la mèche à percer.

Le type de machine que nous venons d'indiquer est adopté maintenant par plusieurs constructeurs anglais; il est représenté à l'Exposition par l'appareil de la Pl. 77 qui est construit par Robinson; on doit seulement regretter que cet industriel ne l'ait pas muni, comme le font les autres fabricants, du dispositif imaginé pour obliquer la scie; ce dernier est en effet très-suffisant pour la plus grande partie des rainures et des feuillures que l'on a à exécuter, et il permet de varier la largeur de celles-ci avec la plus grande facilité sans nécessiter pour cela aucun changement d'outils.

MACHINES A RABOTER.

De toutes les catégories de machines-outils exposées à Vienne pour le travail des bois, la plus nombreuse est celle des machines à raboter dont les divers types sont destinés à exécuter des travaux différents, et peuvent se subdiviser en deux classes

bien distinctes, suivant qu'ils ont pour but soit de dégauchir la surface des pièces, soit simplement de la blanchir. Comme nous le verrons par les descriptions qui vont suivre, on tend maintenant à accomplir avec ces appareils le plus grand nombre possible d'opérations à la fois, c'est-à-dire à raboter les quatre faces d'un seul coup; cette manière d'agir ne laisse pas que de présenter quelques difficultés quand on a besoin d'un travail soigné et que les pièces sont un peu minces; mais les perfectionnements apportés aux machines qui nous occupent permettent d'obtenir, même dans ce cas, d'excellents résultats.

MACHINES A RABOTER SANS DÉGAUCHIR.

Ransome expose une machine à raboter sur les quatre faces et à faire des moulures qui réalise les améliorations dont nous avons parlé précédemment, c'est-à-dire une vitesse de rotation des outils tournants de 5 000 tours par minute, une avance qui atteint dans certains cas 12^m,20 dans le même temps, et enfin une grande perfection de travail. Le bâti en fonte (Pl. 78) est d'une seule pièce afin de donner de la rigidité à l'appareil, et il porte toutes les transmissions de mouvement qui sont situées au-dessous de la table de façon à parfaitement dégager la partie supérieure de celle-ci. L'entraînement du bois est effectué par quatre rouleaux entre lesquels il se trouve fortement saisi par le moyen du contre-poids A agissant sur le manchon fileté B qu'on fait monter ou descendre le long de la vis CD suivant l'épaisseur de la pièce à raboter. L'un des deux rouleaux supérieurs est cannelé, les trois autres sont lisses, et tous les quatre sont conduits par le moyen de la roue dentée E et d'une poulie à quatre vitesses qui permet de faire varier l'avance de 3^m,66 à 10^m,68 par minute. Pour tenir la pièce à travailler fortement appliquée contre la table, on fait usage d'un contre-poids F dont l'action se transmet à une barre de bois placée aussi près que possible du rabot supérieur M; en outre, quatre vis G, H pressent fortement une planchette H' placée sur la surface supérieure du bois et s'étendant au delà du rabot inférieur N;

enfin la table J, mobile dans le sens vertical au moyen de la roue K, sert à soutenir la pièce quand elle a été travaillée par ce dernier outil; on règle sa hauteur suivant l'épaisseur du copeau enlevé à la face inférieure. Cet agencement donne une tenue excellente, et grâce à la rigidité du bâti, il empêche toute espèce de vibrations. Dans le sens horizontal, la tenue du bois est obtenue au moyen d'un guide fixe contre lequel il est appliquée par le rouleau L, mobile dans une cannelure pratiquée dans la table et poussée par un ressort. L'un des rabots verticaux P est placé sur le prolongement du guide fixe, l'autre Q se déplace à la main; de même le rabot inférieur N est porté par des coussinets fixes tandis que celui du dessus M monte ou descend à volonté. Les quatre porte-outils sont munis de fers droits; les précautions prises pour leur permettre de tourner avec la grande vitesse en usage chez Ransome ont été décrites au commencement de ce rapport.

La disposition de cette machine est excellente, et son fonctionnement paraît très-bon; elle convient tout aussi bien pour faire des moulures que pour raboter plan. Le changement des fers des quatre porte-outils ne présente aucune difficulté, même pour le rabot inférieur N, grâce à la disposition de la table J qui est à charnière de façon à pouvoir dégager immédiatement ce dernier.

Ransome construit, sur le type que nous venons de décrire, cinq machines qui ne diffèrent entre elles que par le nombre et la position des rouleaux, leur mode d'action sur le bois, et quelques autres détails secondaires; celle qui est dessinée sur la Pl. 78 représente le plus grand de ces appareils; elle peut raboter au maximum des pièces de 40 centimètres de large sur 15 millimètres d'épaisseur.

La machine à raboter sur les quatre faces de Robinson (Pl. 79) offre une disposition d'ensemble analogue à la précédente. L'entraînement du bois est opéré par quatre rouleaux, qui sont tous mis en mouvement par le moyen de la roue striée A et d'une poulie à quatre vitesses; les axes des deux rouleaux supérieurs sont mobiles dans des coulisses circulaires ayant même centre que l'engrenage qui les mène, de façon qu'ils sont toujours conduits de la même manière quelque variable que soit l'épaisseur de la pièce d'un point à un autre;

ils sont appliqués contre celle-ci par le contre-poids P. Le porte-outil supérieur M peut s'incliner à volonté sur l'horizontale comme le montre le dessin; cette disposition, qui paraît bien entendue, permet de travailler des pièces à moulures dont l'épaisseur varie beaucoup d'un bord à l'autre, sans cependant donner aux fers plus de saillie que d'habitude sur leur porte-outil. Le rabot inférieur est fixe, les trois autres sont mobiles au moyen de roues à main. Cette machine est bien établie et bien exécutée, il y a lieu seulement de remarquer que le porte-outil inférieur est moins facilement accessible que dans celle de Ransome, et que le changement des fers verticaux ne peut pas se faire aussi commodément à cause de la disposition de leurs arbres qui sont montés sur pointes.

Dans la machine à raboter sur les quatres faces de Powis (Pl. 80), l'avance du bois est déterminée par le disque AB qui est appliqué contre la roulette D par le contre-poids E et se trouve ainsi entraîné par frottement; une roue à main F actionnant la vis H permet de déplacer la roulette, et par suite de faire varier la vitesse d'avance même pendant la marche et par quantités aussi faibles que l'on veut. Cet avantage est à coup sûr plus que compensé par les dangers de glissement que présente toujours un agencement de cette espèce, et qui nuisent beaucoup à la perfection du travail; par ailleurs cet appareil ne présente aucune particularité à signaler.

Une autre machine à raboter exposée par le même fabricant (Pl. 81) est spécialement destinée au travail des planches pour parquets; elle est caractérisée par la présence de deux fers fixes A et B placés sous la table et agissant par conséquent sur la face inférieure des pièces. Ce mode de rabotage est, de tous ceux qui sont connus, celui qui donne les plus belles surfaces avec des bois tendres; mais comme les fers fixes ne peuvent enlever qu'une couche mince, on a soin de faire passer préalablement la planche au-dessus d'un rabot horizontal tournant N qui enlève toutes les aspérités un peu fortes. Trois autres porte-outils sont adaptés à l'appareil, l'un pour raboter la face supérieure du bois, les deux autres pour faire la même opération aux deux faces latérales ou pour y pratiquer des rainures et des languettes. De nombreux organes de pression permettent de tenir la pièce solidement appliquée contre la table, ils

ne présentent rien de particulier, pas plus que le mode d'entraînement qui se fait au moyen de quatre rouleaux comme dans les machines précédentes.

Des appareils du même type que celui de Powis sont adoptés par tous les constructeurs anglais et offrent la même disposition générale ; le travail des parquets s'y fait avec une rapidité surprenante, car la vitesse d'entraînement du bois atteint souvent 15 mètres par minute pour les essences tendres et chez Ransome elle s'élève même à 21 mètres ; un passage aussi rapide sous les outils tournants ne permet pas à ceux-ci d'exécuter un rabotage très-soigné ; mais comme la face principale est blanchie par des fers fixes, on peut admettre pour les autres un travail moins parfait ; l'expérience prouve d'ailleurs que plus l'entraînement du bois est rapide, plus le rabotage obtenu par les fers en question est irréprochable.

Dans la section allemande, on trouve un grand nombre de machines à raboter dont la plupart opèrent sur les quatre faces ; elles sont toutes conçues dans le même ordre d'idées que les précédentes et une partie d'entre elles sont capables de rendre d'excellents services ; en général cependant la disposition des bâts et l'agencement des transmissions de mouvement ne sont pas aussi bons que dans les machines anglaises, sous le rapport de la stabilité et de la rigidité que doit posséder tout appareil de ce genre pour arriver à une grande perfection de travail.

Dans la section française, Périn expose une machine à raboter dans laquelle l'aménage du bois se fait au moyen d'un crochet qui est implanté dans une chaîne Galle animée d'un mouvement continu par la machine et qui tombe de lui-même à l'extrémité de course ; enfin, dans la section des États-Unis, on remarque un appareil à raboter les planches sur une face, dans lequel, suivant une disposition connue, la table s'élève ou s'abaisse au moyen d'un plan incliné que fait marcher une vis manœuvrée à la main ; les rouleaux de pression sont appliqués contre le bois par des ressorts en caoutchouc, de façon à exercer une forte pression tout en laissant un peu d'élasticité.

MACHINES A RABOTER ET A DÉGAUCHIR.

Les appareils que nous venons de décrire ne sont propres qu'à blanchir la surface des bois sans lui donner la forme plane ; quand cette dernière condition doit être remplie, on a recours à des machines d'un genre tout différent dans lesquelles le bois est fixé sur une table en fonte mobile dans des glissières rectilignes parfaitement rabotées ; en passant ainsi sous les couteaux tournants, la pièce acquiert nécessairement une forme parfaitement plane. Ces appareils se subdivisent en deux classes que nous allons examiner successivement.

1° *Machine à dégaucher, à disque tournant.* — Dans les machines-outils de cette espèce, la table mobile passe sous un disque dont l'axe lui est perpendiculaire et qui est armé de plusieurs fers de formes différentes. Les uns sont des gouges, les autres des fers plats qui ont pour but de faire disparaître les rugosités qui résultent toujours de l'usage des premiers. En raison de l'emploi des gouges et de la façon dont elles attaquent les fibres, les appareils de ce genre peuvent enlever en une seule passe une grande épaisseur de bois sans le faire fendre, même quand il s'agit d'une essence dure ; ils conviennent très-bien en particulier pour le rabotage des grosses pièces qui ont beaucoup travaillé en séchant et qui exigeraient un grand nombre de passes avec toute autre espèce d'outil. En revanche, comme la vitesse de leur table n'est environ que la moitié de celle qu'on réalise avec les couteaux tournants du système habituel, leur emploi est désavantageux toutes les fois qu'il y a peu de bois à enlever ; en outre ils ne permettent pas de travailler des pièces minces parce qu'il n'est pas possible de presser le bois contre la table suffisamment près des points attaqués ; enfin, malgré l'addition des fers plats, la surface qu'ils donnent n'est jamais parfaitement unie ; aussi l'usage de ce type de machines est-il restreint à un petit nombre de cas.

Périn expose un engin de cette espèce dont la *fig. 3* (Pl. 82) donne une idée suffisamment complète. Les fers travaillants sont fixés sur le plateau AB, ils sont au nombre de six, dont

trois ont la forme de gouges et les trois autres sont plats ; le chariot CD, sur lequel la pièce de bois est fixée au moyen d'une série de vis E, se meut automatiquement avec la même vitesse dans les deux sens, et le rabotage s'accomplit pendant son aller aussi bien que pendant son retour ; le volant C sert à faire monter ou descendre le disque suivant l'épaisseur du bois à enlever ; enfin la manivelle A permet d'opérer le mouvement du chariot à la main quand on se prépare pour commencer un nouveau travail. Cet agencement est simple et bien entendu ; nous regrettons seulement que le constructeur n'ait pas adopté une forme de bâts telle que les six fers travaillants soient constamment en prise avec le bois, comme le font plusieurs autres industriels afin de rendre le travail plus rapide.

La même remarque s'applique à un engin analogue construit par Powis, et muni en outre de deux outils latéraux pour raboter sur le can ou pour faire des rainures et des languettes ; comme dans l'appareil précédent, le travail s'accomplit pendant l'aller et le retour du chariot.

Dans la machine de Guilliet (d'Auxerre), le disque raboteur est vertical ainsi que la pièce de bois de la table mobile sur laquelle il est fixé ; celle-ci est mise en mouvement par une crémaillère, tandis que le disque peut s'éloigner ou se rapprocher de la table par le moyen d'une vis manœuvrée à la main ; il porte deux gouges et un fer plat. Cet appareil ne convient que pour le travail des pièces de faibles dimensions.

Pour remédier au défaut de fini qui résulte de l'emploi habituel des machines à disques, un constructeur allemand, Schmaltz, dispose à la suite du plateau armé de gouges un porte-outil tournant dont l'axe est parallèle à la table suivant le système habituel ; il peut ainsi enlever en une seule passe une forte épaisseur de bois et obtenir en même temps une surface parfaitement lisse. Dans les cas où ces deux conditions doivent être remplies, l'appareil de Schmaltz est certainement d'un emploi très-avantageux ; il est en outre muni de deux outils verticaux qui agissent sur les deux faces latérales du bois, et sont disposés de façon à pouvoir s'éloigner ou se rapprocher l'un de l'autre ; des organes de pression convenablement disposés s'opposent à tout mouvement vibratoire de la pièce.

2° *Machine à dégauchir, à porte-outil tournant du système habi-*

tuel. — Les machines de ce type sont beaucoup plus répandues que les précédentes et elles sont représentées à l'Exposition par de nombreux spécimens. Dans ces appareils l'axe de rotation des outils tournants, au lieu d'être perpendiculaire à la table mobile, lui est parallèle ; les surfaces qu'elles donnent sont planes comme avec les engins à disque, mais elles sont beaucoup plus lisses. Le meilleur outil de l'espèce qui figure à Vienne est sans contredit celui d'Arbey, dont le système à lames hélicoïdales minces est trop connu pour avoir besoin d'une description. La façon dont il attaque le bois permet d'en faire usage pour de larges surfaces sans avoir à craindre de vibrations même avec des fondations très-légères ; son affûtage se fait d'une manière parfaite ; le seul inconvénient qu'il présente est de chômer pendant tout le temps qu'on aiguise les fers, et d'exiger un affûtage complet dès que l'un de ceux-ci a une écorchure. Le spécimen exposé par Arbey est disposé pour raboter la surface supérieure seulement des bois ; il ne diffère du dernier modèle livré aux arsenaux que par l'adjonction d'un rouleau de pression placé près du porte-outil pour soutenir les bois minces, et par celle de deux engrenages avec une roue à main pour réduire dans le rapport de 1 à 4 la force nécessaire pour faire monter ou descendre le porte-outil.

Dans la machine à dégauchir de Ransome, les fers sont droits comme chez tous les autres constructeurs ; le bois est fixé par des crampons à vis sur la table mobile dont la vitesse par minute peut varier de 3 mètres à 9 mètres pendant l'aller et s'élève à 12 mètres pendant le retour ; elle est mise en mouvement par une crémaillère fixée à sa face inférieure ; un rouleau de pression actionné par un ressort et placé tout près du porte-outil empêche la pièce de vibrer ; l'agencement de cette machine est très-simple et ses dispositions sont excellentes.

Worssam et Robinson exposent des appareils analogues, mais ne présentant pas un aussi grand cachet de simplicité. Dans la machine de la « Fabrique de machines-outils de Chemnitz » (ancienne usine Zimmermann), le retour accéléré de la table est obtenu au moyen d'un système de roues dentées analogue à celui qu'on rencontre dans plusieurs machines à raboter les métaux ; malgré la légère complication qui en résulte, cet appareil est parfaitement conçu et doit être classé

parmi les meilleurs de ce genre ; un rabot vertical permet en outre de pratiquer des rainures ou des languettes sur l'un des cans de la pièce.

Dans la machine de Schmaltz, il y a trois porte-outils dont deux sont verticaux ; ils sont tous mobiles de bas en haut ; en outre l'un de ces derniers peut se déplacer dans le sens horizontal ; à cet effet il est fixé à un chariot mobile dans une glissière horizontale située au-dessus de la table comme dans les machines à raboter les métaux ; cet appareil est d'un usage commode, mais il doit y avoir peu de travaux qui rendent son emploi nécessaire.

MACHINE A PARQUETS DE WORSSAM.

La dernière machine à raboter dont il nous reste à parler est une véritable machine à dégauchir qui ne peut guère rentrer dans aucune des catégories qui précèdent ; on pourrait jusqu'à un certain point la comparer à un appareil à disque, seulement dans le cas actuel c'est le bois et non pas l'outil qui est porté par le plateau tournant. Elle se compose d'un véritable tour sur lequel on saisit le panneau de parquet dont les différents morceaux ont été préalablement collés les uns avec les autres (*fig. 1 et 2, Pl. 82*). L'outil travaillant est un simple fer de varlope fixé sur un chariot que la machine fait mouvoir du centre à la circonference du plateau ; une vis manœuvrée à la main règle sa prise. Cet appareil, dont l'emploi est évidemment très-limité, convient parfaitement au travail auquel le constructeur l'a destiné ; nous avons déjà dit en effet que le rabotage exécuté par un fer de cette espèce est le plus parfait qu'on puisse obtenir, et qu'il se concilie parfaitement avec une grande rapidité de marche du bois, car plus celui-ci passe vite sur le fer, plus le travail obtenu par ce moyen est parfait.

L'appareil qui nous occupe fait partie d'une série de trois machines destinées à l'exécution complète des divers travaux de parquets ; les deux autres n'offrant point d'intérêt pour la marine, nous nous dispenserons d'en parler.

TOUPIES.

Un outil dont la place est marquée dans tous les ateliers de menuiserie est la toupie. L'Exposition renferme un grand nombre de spécimens de cet appareil qui se compose d'un arbre vertical animé d'un mouvement de rotation très-rapide et pouvant recevoir à sa partie haute un ou plusieurs fers que l'on change avec la plus grande facilité ; une table horizontale bien dressée dont la surface supérieure est située à peu près à la hauteur de la partie inférieure du fer taillant est destinée à supporter le bois que l'on pousse contre l'outil soit à la main, soit par le moyen de la machine. Le plus souvent l'arbre vertical peut se déplacer légèrement dans le sens de son axe, et l'on se ménage en outre le moyen de le faire tourner à volonté dans un sens ou dans l'autre afin de ne jamais attaquer le bois à contre-fil même dans les moulures les plus contournées ; il

Fig. 4.



faut seulement dans ce cas faire usage de fers à deux tranchants coupant en sens inverse. Pour s'en dispenser, plusieurs constructeurs disposent, sur la même table, deux toupies tournant en sens inverse l'une de l'autre de façon qu'on peut à tout instant

attaquer le bois dans le sens que l'on désire. En variant simplement la forme des fers, on effectue à volonté des moulures, des rainures, des languettes, des tenons, ou bien un simple dressage du bois ; on peut eneore, si on le veut, y adapter une scie circulaire oblique. Les applications de cet appareil sont donc, comme on le voit, extrêmement nombreuses.

Dans la toupie d'Arbey (fig. 4 et 2, Pl. 83), l'arbre vertical AB peut monter ou descendre quand on fait tourner, au moyen d'une manivelle CD, l'arbre fileté EF ; l'extrémité carrée de ce dernier est située au-dessous de la table, de sorte que pour dégager complètement la surface supérieure de celle-ci il suffit d'enlever la manivelle. Quand l'objet à travailler est rectiligne, on fait usage d'un guide MN (fig. 3) qui se fixe sur la table au

moyen de vis, et est muni de deux rouleaux de pression P et Q qui appuient fortement la pièce grâce à la présence de deux ressorts logés dans les boîtes R et S. Si l'on veut faire tourner à volonté la toupie dans un sens ou dans l'autre, on la fait commander par un arbre intermédiaire généralement horizontal sur lequel s'opère le renversement de mouvement, par le moyen de deux courroies suivant le système habituel ; enfin, pour faire les rainures et les languettes, on emploie des outils à plusieurs dents dont la forme est indiquée par la *fig. 4*.

Un autre outil du même genre, dont la disposition est également très-bonne, est celui de Périn : il a principalement pour objet le travail des pièces droites qui sont mues automatiquement par le moyen d'un crochet engagé dans l'un des maillons d'une chaîne Galle ; à cause de sa destination, cet appareil nous semble d'un emploi moins avantageux que le précédent pour les travaux des arsenaux.

La Fabrique de machines-outils de Chemnitz (ancienne usine Zimmermann) et Gschwindt (de Carlshruhe) exposent deux appareils analogues à celui d'Arbey qui ne présentent aucune particularité nouvelle à signaler. Dans la toupie de Guillet, au contraire, on remarque la forme toute spéciale de l'outil, qui se compose d'une lame de tôle d'acier recourbée suivant le contour de la moulure à effectuer, et percée d'ouvertures présentant des tranchants en biseau ; le travail que fait l'outil ainsi disposé est excellent ; l'affûtage de ce dernier se fait facilement au moyen d'une petite meule d'émeri disposée à cet effet par l'inventeur ; mais il y a lieu de remarquer que la confection d'une lame de cette espèce présente des difficultés sérieuses aux ouvriers qui n'en ont pas la spécialité, et comme le contour qu'elle affecte doit varier nécessairement avec la forme de la moulure que l'on veut obtenir, il en résulte que l'adoption de ce système ne saurait être recommandée pour ce genre de travail.

Parmi les toupies exposées par Schmaltz (d'Offenbach-sur-le Main), l'une d'elles (*fig. 4, Pl. 84*) est disposée d'une manière très-commode pour le renversement de marche, qui s'opère simplement en manœuvrant la roue à main M ; on met ainsi les rondelles de cuir KK' montées sur l'arbre AB en prise avec la gorge de droite CD, C'D' de la poulie P, ou avec celle de gauche

EF, EF'; comme l'arbre AB ne peut, dans ce cas, monter ou descendre, c'est la table RR' qui est mobile au moyen du volant V. Cet agencement est ingénieux, mais nous n'avons pu savoir jusqu'à quel point il est réellement pratique. Dans un autre appareil du même constructeur, le renversement de mouvement s'effectue au moyen de deux courroies suivant le système habituel; on y remarque cette particularité que la table peut s'incliner autour d'un axe horizontal comme les plateaux des scies à rubans, ce qui est évidemment commode dans certains cas.

Toutes les toupies que nous avons décrites jusqu'ici ne peuvent attaquer que le bord des pièces; les suivantes permettent de pratiquer des moulures intérieures, et constituent par conséquent un perfectionnement important. L'une d'elles (*fig. 1*, Pl. 84) est due à Robinson, et se compose d'une table sur laquelle est fixée une sorte de grue ou de potence qui peut tourner autour d'un axe vertical et supporte à son extrémité le porte-outil; ce dernier est lui-même mobile dans deux directions rectangulaires au moyen des roues à main M et N; une transmission de mouvement imprime une rotation rapide à l'arbre AB dans toutes ses positions. La pièce à travailler est fixée sur la table au-dessous de l'outil, et, en manœuvrant convenablement les divers organes de l'appareil, on fait descendre peu à peu la toupie et on lui fait suivre tel contour que l'on veut; on peut encore aussi manœuvrer à la main la pièce de bois si elle n'est pas trop lourde. Une seconde toupie K, disposée comme celles que nous avons décrites précédemment, est fixée à l'une des extrémités de la même table, qui devient complètement libre par un simple déplacement angulaire de la potence qui porte l'autre outil. Une disposition presque identique à celle-ci se remarquait déjà à l'Exposition de 1867 sous le nom du même fabricant; son adoption dans les arsenaux nous semblerait avantageuse.

Un appareil conçu dans un ordre d'idées analogue, et représenté par les *fig. 2* et *3* de la Pl. 84, est exposé par Ransome. Les deux arbres verticaux AB et CD peuvent chacun recevoir des fers taillants; le premier peut monter ou descendre et même disparaître complètement sous la table, qui devient alors libre pour le travail du second; celui-ci est également suscep-

tible de se déplacer verticalement à la main; il reçoit en outre de la machine un mouvement horizontal d'amplitude variable, et est principalement destiné au travail des pièces qui sont trop lourdes pour être conduites à la main. Quand on veut se servir de la toupie montée sur l'arbre AB, on desserre simplement les boulons G qui fixent la potence R, et, en faisant alors tourner celle-ci, on dégage complètement le dessus de la table.

Le même industriel construit, ainsi que Worssam, des appareils analogues au précédent, mais dans lesquels la toupie supérieure peut recevoir simplement comme celle du bas un mouvement de montée et de descente; la pièce de bois se place alors sur un chariot mobile horizontalement sur la table de l'appareil, et peut ainsi être travaillée suivant un contour quelconque. L'appareil disposé de cette manière est alors très-convenable pour le travail des pièces de moyenne dimension.

Pour en finir avec le sujet qui nous occupe, nous dirons quelques mots d'un engin exposé par M. Ransome (*fig. 5 et 6, Pl. 83*), et qui peut s'assimiler à une toupie dont l'arbre est horizontal et peut recevoir des fers de différents profils; leur partie supérieure fait un peu saillie au-dessus d'une table en fonte à charnière: on peut ainsi exécuter le même genre d'opération qu'avec une toupie ordinaire; mais en outre, en faisant occuper à la table la position indiquée par la *fig. 5*, et en adaptant au-dessus des fers taillants deux colliers G et H mobiles horizontalement, on peut pratiquer des moulures de telle forme et de telle épaisseur que l'on veut sur des pièces à double courbure; c'est à ce point de vue que ce petit appareil nous a paru intéressant à signaler. Ransome l'a rendu plus complet en disposant l'extrémité A de l'arbre AB de façon qu'on puisse y fixer une mèche à percer ou à mortaiser, ou bien encore une petite scie circulaire droite ou oblique; le bois est alors placé sur une table qui peut recevoir trois mouvements rectangulaires. On peut, grâce à cette addition, exécuter avec cette machine un nombre assez considérable de petits travaux, et par suite son emploi est très-avantageux dans plusieurs industries.

MACHINES A FAIRE LES TENONS.

Dans la section française, se trouve une machine à faire les tenons exposée par Arbey et représentée sur la Pl. 85. Elle se compose de quatre scies circulaires A, B, C, D situées deux à deux dans des plans perpendiculaires, et entre lesquelles passe la pièce de bois qui est fixée sur le chariot E mû par le levier G. Les deux scies verticales sont mobiles indépendamment l'une de l'autre au moyen des vis V et V', qui permettent de régler comme on veut leur hauteur et leur écartement; les deux autres montent et descendent d'un mouvement commun, mais on peut faire varier leur distance en faisant usage de cales d'épaisseur variable; on peut également interposer entre elles une scie oblique ou une fraise d'une épaisseur convenable pour faire de doubles tenons. Pour pratiquer des mortaises avec la même machine, on remplace la scie C par une mèche à cuiller (*fig. 2*), à laquelle on donne un mouvement d'avance au moyen du levier H; des butoirs mobiles placés au sommet du chariot L permettent de régler automatiquement la profondeur du trou. (La disposition de ces butoirs, ainsi que celle des vis V et V'; n'est pas tout à fait la même dans la *fig. 1* que dans les autres de la même planche; mais les différences n'ont pas d'importance.)

L'appareil d'Arbey ne présente, comme on le voit, aucune disposition nouvelle, mais il est parfaitement établi et fonctionne très-bien; on doit seulement remarquer que l'emploi des scies circulaires donne forcément des surfaces un peu vues; en outre, l'exécution de tenons à barbe (c'est-à-dire à faces de longueurs inégales) ne se fait pas d'une manière simple.

L'appareil de Ransome (*fig. 1, 2, 3, 4 et 5, Pl. 86*) reméde à tous ces inconvénients et est incontestablement bien supérieur au précédent: il se compose de deux porte-outils tournants A et B dont les axes sont parallèles aux arêtes longitudinales du tenon, et dont les bords intérieurs sont munis de fragments de lames de scie C et D et de couteaux E et F pour trancher les

épaulements et les raboter. Ils montent ou descendent d'un mouvement commun au moyen de la roue à main E, et s'écartent ou se rapprochent l'un de l'autre quand on manœuvre la vis G; en outre, celui du dessus peut se déplacer dans le sens de son axe. Cet agencement permet de régler avec la plus grande facilité les dimensions du tenon, et de faire, si on le veut, ses faces de longueurs inégales sans qu'il en résulte la moindre complication. Pour obtenir de doubles tenons, on monte sur l'arbre vertical KL une scie circulaire oblique; on peut également y adapter un outil tournant de forme convenable pour pratiquer une moulure UV sur l'un des épaulements,

Fig. 5.



comme cela se fait pour quelques assemblages dans certains ateliers de menuiserie. La pièce à travailler est fixée au moyen d'un levier de pression M sur un chariot portant de petites roulettes et muni d'un butoir mobile qui permet d'ob-

tenir dans une série de pièces semblables des épaulements situés toujours à la même distance les uns des autres, une fois qu'on a réglé préalablement la position du butoir. Cette machine fonctionne d'une manière parfaite et donne des surfaces très-lisses; elle se prête en outre très-bien à l'exécution de toute espèce de tenons, et nous paraît être le meilleur outil de l'espèce, toutes les fois que la pièce à travailler n'est pas trop lourde pour être placée sur un chariot mobile.

La machine à tenons exposée par Schmaltz est très-convenable dans ce dernier cas: la pièce de bois est alors fixe en effet; l'arbre horizontal, qui porte les fers taillants et est perpendiculaire aux arêtes longitudinales du tenon, est mobile dans le sens vertical; cet appareil, dans lequel le bois est tranché debout, est trop connu pour qu'il soit nécessaire d'insister davantage à son sujet; les fers taillants peuvent s'éloigner ou se rapprocher l'un de l'autre; leur longueur peut varier; enfin on peut en disposer trois au lieu de deux. Cet engin se prête donc très-bien à toutes les exigences possibles; mais comme il donne des surfaces moins lisses que le précédent, et que la façon dont il attaque le bois rend sa production plus lente, on ne doit l'employer de préférence à celui-ci que pour faire des tenons

dans les grosses pièces; en revanche, il y a certains genres de travaux, ceux des caillebottis par exemple, pour lesquels il est parfaitement adapté.

La dernière machine à faire les tenons dont nous nous occuperons est celle de Guilliet (d'Auxerre), qui tranche le bois debout comme la précédente; seulement sa disposition et la forme de son outil sont toutes différentes (fig. 6, 7, 8 et 9, Pl. 86). L'arbre AB est vertical et porte deux lames de tôle d'acier embouties, percées d'ouvertures taillées en biseau comme les outils à moulures du même fabricant; seulement, dans le cas actuel, la lame se retourne à angle droit. Le bois se place sur un chariot CD, mû par une crémaillère et un pignon actionné par la manivelle E; il est tenu en place au moyen des vis de pression H et K. L'arbre AB peut monter ou descendre quand on tourne les petits volants L qui agissent sur une vis servant de pivot et dont l'un fait l'office de contre-écrou; enfin l'écartement des deux plateaux est variable au moyen de rondelles qu'on interpose entre eux. Cette machine exécute avec une grande rapidité des tenons dont les surfaces sont parfaitement rabotées; la forme des outils est admissible dans le cas actuel, parce qu'elle est toujours la même pour tous les tenons; mais il est bien clair que cet engin ne se prête pas facilement aux combinaisons variées dont est susceptible celui qui est exposé par Ransome, et par suite ses applications sont assez limitées.

MACHINES A FAIRE LES QUEUES D'ARONDE.

On a beaucoup remarqué à l'Exposition de 1867 deux machines disposées pour la confection des queues d'aronde et dues, l'une à l'Américain Armstrong, l'autre à l'usine Zimmermann, de Chemnitz. Les deux mêmes appareils reparaissent à Vienne. Le premier, exposé par Robinson, n'a subi qu'une modification peu importante consistant dans l'addition d'une seconde vis parallèle à celle qui détermine l'avance de la table et ayant pour but le retour automatique de cette dernière. Cet engin a été décrit tant de fois qu'il nous parait inutile d'entrer

dans aucun détail à son sujet. Il fonctionne bien et produit une énorme quantité de travail ; malgré les qualités qu'il présente, sa construction n'a pris en France aucun développement ; en Angleterre, au contraire, il est l'objet d'une fabrication qui n'est pas sans importance ; les surfaces qu'il produit, bien que n'étant pas parfaitement lisses, sont cependant suffisantes pour la fabrication des meubles.

La seconde machine à faire les queues d'aronde est exposée par la « Fabrique de Machines-outils de Chemnitz » (ancienne usine Zimmermann) et elle a subi depuis 1867 des perfectionnements qui rendent sa production beaucoup plus rapide qu'autrefois. Elle se compose de quatre fraises ou toupies A, B, C, D (Pl. 87) qui sont animées d'un mouvement de rotation extrêmement rapide ; elles sont fixées sur un chariot EF qui se déplace verticalement dans un sens ou dans l'autre sous l'action du mécanisme H commandé par la machine. La planche à travailler est placée sur un chariot horizontal K, mobile dans le sens de sa longueur au moyen d'une vis commandée par les engrenages L et par la roue à main M, dont la manivelle s'engage dans un cran chaque fois que la planche doit être arrêtée pour laisser agir les outils. Pour pratiquer les mortaises, on se sert de fraises tronconiques qui ont la forme du vide à obtenir, et qui en se frayant verticalement un chemin à travers le bois, exécutent avec rapidité et en même temps avec une grande perfection, le travail demandé ; ces outils agissent sur la planche aussi bien pendant leur montée que pendant leur descente, il faut seulement, après chacun de ces mouvements, tourner la manivelle M de la quantité nécessaire pour faire avancer la pièce de l'intervalle de quatre mortaises.

Pour le travail des tenons, on pose toujours le bois sur la table horizontale K, mais comme les faces latérales des ouvertures à pratiquer ne sont plus alors verticales, on a recours au mécanisme suivant : les quatre fraises A, B, C, D sont cylindriques dans ce cas et sont fixées deux par deux sur deux chariots munis d'écrous filetés en sens inverse l'un de l'autre, et commandés par l'arbre à vis P ; ce dernier fait corps avec le levier R percé d'une fente dans laquelle s'engage le tenon fixe S. Quand le chariot EF monte ou descend, l'arbre P, qui est animé du même mouvement, est forcé, par suite de la disposition que

nous venons de décrire, de tourner d'un certain angle dont la valeur dépend de la forme du levier R. Il résulte évidemment de là que les deux chariots porte-fraises, au lieu de se mouvoir verticalement, vont décrire deux trajectoires symétriques par rapport à la verticale, de façon à donner dans la planche les faces inclinées nécessaires pour l'exécution des tenons. Comme cela a lieu pour les mortaises, les outils travaillent aussi bien en montant qu'en descendant, de sorte que l'exécution des tenons, bien que deux fois moins rapide que celle des mortaises, est encore aussi prompte qu'on peut le désirer.

Dans l'appareil du même genre qui figurait à l'Exposition de 1867, le déplacement du chariot EF s'opérait à la main; en outre, le travail des tenons se faisait d'une manière toute différente: les outils au moyen desquels on les exécutait descendaient toujours verticalement, et il fallait, par conséquent, incliner la table K dans deux sens différents pour obtenir les faces inclinées dont nous avons parlé. La rapidité de travail de cette machine laissait alors un peu à désirer; les modifications que nous avons décrites remédient largement à cet inconvénient, et comme d'ailleurs les surfaces obtenues sont parfaitement lisses, il s'ensuit que la place de cet appareil est marquée dans tous les grands ateliers qui ne possèdent pas jusqu'ici de machines propres à exécuter ce genre de travaux.

MACHINES A MORTAISER ET A PERCER.

Les machines à mortaizer, dont la construction a été long-temps défectueuse, ont subi des perfectionnements notables depuis quelques années, et offrent maintenant un certain nombre de types dont le fonctionnement est tout à fait satisfaisant; nous nous bornerons à passer en revue les principaux de ceux que l'on remarque à l'Exposition.

La machine à mortaizer de Robinson (Pl. 88) attaque le bois au moyen d'un bédane A à section rectangulaire porté sur un chariot vertical et animé d'un mouvement alternatif très-rapide; le chariot en question monte ou descend à volonté quand on

manœuvre soit la pédale B, soit le volant C. Une table DE, qui peut se déplacer dans trois directions rectangulaires, reçoit la pièce de bois que l'on maintient solidement en place avec des vis de pression. Une mèche à percer est fixée sur le même bâti que le bédane, et l'on a soin que ces deux outils se trouvent situés sur une parallèle aux arêtes longitudinales de la table. Pour se servir de cette machine, on commence par percer un trou avec la mèche, puis, en agissant sur la roue à main H, on amène celui-ci verticalement au-dessous du bédane et l'on peut alors commencer l'opération du mortaisage. Grâce à la façon dont la mobilité du chariot porte-outil est obtenue, rien n'est plus facile que de faire pénétrer peu à peu le bédane dans le bois, de façon à ne jamais imposer à celui-ci un travail exagéré; quand on est arrivé à l'extrémité de la mortaise, on retourne à la main l'arbre porte-outil en soulevant le loquet K qui peut s'engager dans deux entailles pratiquées à 180° l'une de l'autre dans la douille LM.

L'appareil que nous venons de décrire est capable de rendre de bons services, mais il présente une complication de mouvements un peu trop grande, et il est inférieur sous tous les rapports à celui qu'expose Ransome et qui est représenté sur la Pl. 89.

L'arbre moteur AB est fixé à la partie inférieure d'un bâti creux C, et par l'intermédiaire d'une manivelle et d'une bielle D il imprime au bédane E un mouvement vertical alternatif à raison d'environ 600 courses doubles par minute; cette rapidité, inusitée jusqu'ici, est rendue possible par la position qu'occupe l'arbre AB à la partie inférieure du bâti et qui est parfaitement choisie pour éviter toute espèce de vibrations. La pièce à travailler se place sur une table GH qui monte ou descend sous l'action de la pédale L, et dont on règle la position initiale avec la vis P. On s'oppose au soulèvement du bois au moyen de la plaque à rebords M, tenue en place par les boulons N qui permettent de faire varier sa position en hauteur suivant l'épaisseur de celui-ci; une roue à main R clavetée sur un arbre fileté règle la position de la pièce dans le sens de la flèche f; enfin une coulisse S permet d'incliner la table quand on veut pratiquer des mortaises obliques. Le bédane a une forme toute spéciale: il est creux dans le dos avec deux parties latérales

saillantes lm , lm' de telle sorte qu'à chaque coup il détache trois copeaux; celui du centre, qui est beaucoup plus large que les deux autres réunis, est retiré par l'outil lui-même à la descente suivante; de cette façon la mortaise se trouve nettoyée toute seule à la fin de l'opération, ce qui n'a pas lieu avec les bédanes habituels.

Le renversement de l'outil s'opère d'une manière très-ingénieuse de la façon suivante: une corde sans fin T s'enroule sur deux poulies V et V' fixées, l'une sur l'arbre moteur, l'autre sur l'arbre porte-outil, de façon que ce dernier tend toujours à tourner; il en est empêché par une tige verticale QR poussée de bas en haut par un ressort et servant d'arrêt à un butoir placé à la partie inférieure de la poulie V' dans une gorge menagée à cet effet; un second butoir est placé à 180° du premier, de sorte que si l'on vient à abaisser un instant la tige QR en appuyant sur la poignée U, et si on l'abandonne aussitôt après à elle-même, l'un des butoirs échappe, et la poulie V', arrêtée dans son mouvement de rotation par le second, se trouve avoir fait instantanément un demi-tour. Une mèche à percer est portée sur le même bâti que le bédane, mais son emploi préalable n'est nécessaire que quand on mortaise des bois durs, ou bien lorsque, opérant sur une essence tendre, on fait usage d'un outil ayant plus de 19 millimètres de large. Dans les autres cas, il suffit d'appuyer lentement avec le pied sur la pédale L pour que le bédane pénètre sans difficulté en plein bois à des profondeurs de plus en plus grandes. Dans cet appareil, la pièce à travailler se déplace à la main dans le sens de la longueur de la mortaise; c'est le seul procédé compatible avec la grande rapidité de fonctionnement de cette machine, qui peut faire jusqu'à trois mortaises par minute dans du bois tendre, et qui, pour les travaux de menuiserie auxquels elle est destinée, est de beaucoup supérieure à celles de tous les autres constructeurs. La course de son outil est de 14^{cm}, 4, et elle peut percer des mortaises d'une profondeur maximum de 28 centimètres.

Schmaltz expose une machine à percer et une machine à mortaiser qui sont établies, comme les précédentes, en vue du travail de pièces de petite et de moyenne dimension. Elles sont toutes les deux disposées verticalement; dans la première, la table ainsi que la mèche sont mobiles au moyen de roues à

main commodément placées; dans la deuxième, la course du bédane varie dans de certaines limites quand on déplace les extrémités de la bielle motrice dans des coulisses ménagées à cet effet; l'outil est muni de cinq petites dents superposées qui sont destinées à retirer les copeaux à mesure qu'ils se produisent, mais dont l'efficacité nous paraît douteuse; enfin la table peut se déplacer dans trois directions rectangulaires. L'absence de pédale pour soulever lentement la pièce et faire mordre graduellement l'outil établit une différence importante entre cette machine et les deux premières dont il a été précédemment question; elle nous paraît constituer pour elle une infériorité marquée; par ailleurs cet appareil est bien conçu, et ses proportions sont satisfaisantes.

Dans la section française, Périn expose une machine à mortaizer qui est très-convenable pour les travaux de grosse menuiserie; dans ce cas, les pièces à percer atteignent en général un poids tel qu'il devient difficile de les manœuvrer avec une pédale comme dans l'appareil de Ransome dont nous venons de parler. Le bois est placé sur la table AB sur laquelle il est solidement fixé par la vis E (Pl. 90); trois manivelles ou roues à main situées en C, en D et en F permettent de le déplacer dans trois sens rectangulaires. L'arbre moteur G commande au moyen d'une bielle HH' le porte-outil dont la hauteur se règle à l'aide de la coulisse KK', et qui est muni d'un mouvement de retournement de façon à équarrir les deux extrémités de la mortaise. Une mèche à percer L est adaptée sur le même engin; elle est commandée par la poulie M et fait environ 1 000 tours par minute; la vitesse de l'arbre G du bédane est beaucoup moins grande, elle n'atteint que 200 ou 250 tours pendant le même temps.

Outre les appareils dans lesquels le mortaisage est produit par un bédane, il en existe à l'Exposition un certain nombre d'autres qui effectuent le même travail au moyen d'un outil tournant que l'on fait pénétrer dans le bois pendant qu'on donne à celui-ci un mouvement perpendiculaire à la direction de la mèche. Ce mode d'opérer présente l'inconvénient de donner des mortaises à bouts arrondis qu'il faut ensuite équarrir si l'on tient à ce qu'elles soient rectangulaires, ce qui n'est pas d'ailleurs toujours nécessaire; mais c'est le seul procédé qui

donne de bons résultats quand la largeur du vide à pratiquer est très-faible (5 millimètres environ et au-dessous); un bédane serait en effet sujet à fléchir dans ces conditions. Nous avons déjà vu des exemples de ce système de mortaisage dans une toupie de Ransome (Pl. 83) et dans la machine à tenons d'Arbey; Périn, Schmaltz, Guilliet exposent des appareils basés sur le même principe; mais ils présentent peu d'intérêt pour les grands ateliers, où l'on peut toujours fixer un outil de ce genre sur un bout d'arbre quelconque qui tourne à la vitesse voulue, et devant lequel on installe une table mobile dans trois sens rectangulaires; nous signalerons seulement la forme spéciale de l'outil de Guilliet qui se compose d'une mèche contournée en hélice (*fig. 10, Pl. 86*) et terminée en tronc de cône; le fonctionnement de cet outil est excellent, et son affûtage est rendu très-facile par l'emploi d'une meule tronconique en émeri qui se monte au besoin sur l'arbre même de la machine.

MENUISIERS UNIVERSELS.

Le « Menuisier universel », dont plusieurs spécimens figuraient à l'Exposition de 1867, a pris depuis cette époque une grande extension en Angleterre. Tel qu'on le construit maintenant, cet appareil permet d'exécuter sur des pièces de dimensions moyennes tous les travaux de menuiserie, sauf le dégauchissage, et il rend par suite des services inappréciables dans les ateliers dont le personnel ne dépasse pas une quarantaine d'hommes, et dont l'importance n'est pas assez grande, par conséquent, pour donner lieu à l'achat de machines spéciales. Les Menuisiers universels exposés à Vienne consistent tous dans la réunion plus ou moins heureuse d'un certain nombre des appareils que nous avons décrits précédemment, mais ils affectent deux genres de dispositions très-différentes. Chez Robinson et Powis, les machines qui les constituent sont simplement placées les unes à côté des autres et n'ont véritablement de commun que la courroie unique de transmission de mouvement qui les commande toutes; ce sont: une scie à ruban, une scie circulaire à axe mobile, une machine à percer et à mortaiser,

une machine à raboter et à faire les moulures, une machine à faire les tenons et enfin une toupie; eu égard à la disposition adoptée, il est facile de faire tourner chacun de ces outils à la vitesse qui leur est propre, et de s'en servir de tous à la fois si la puissance motrice est assez considérable. Le Menuisier de Schmaltz est conçu dans le même ordre d'idées, mais il est beaucoup moins complet.

A l'inverse des constructeurs précédents, Worssam et Ransome se sont attachés à réunir ensemble d'une manière beaucoup plus intime les engins divers qui composent leurs Menuisiers, et les appareils qu'ils produisent ont un aspect tout différent de ceux de Robinson et de Powis; ils ne contiennent pas de scie à ruban, mais sont par ailleurs aussi complets. Chez Worssam tous les outils, sauf deux scies circulaires à axe vertical pour le travail des tenons, sont montés sur le même arbre, ce qui est un inconvénient sérieux; car un appareil à raboter, pour se trouver dans de bonnes conditions, doit nécessairement tourner plus vite qu'une scie circulaire ou une mèche à percer. Dans l'appareil de Ransome, l'axe de la scie circulaire est distinct de celui qui porte les fers à raboter, de façon que chacun d'eux peut être animé de la vitesse qui lui convient; les dispositions de chacune des machines dont la réunion constitue ce Menuisier universel sont d'ailleurs à peu près les mêmes que celles des appareils spéciaux décrits dans le cours de ce rapport, et elles présentent les mêmes garanties de bon fonctionnement. La disposition ramassée adoptée par Worssam et Ransome ne permet pas, comme chez les autres fabricants, de faire usage de tous les outils à la fois; mais nous ne croyons pas que ce soit là une cause réelle d'infériorité pour ces deux engins, car la même raison d'économie qui fait employer le Menuisier universel conduit également à donner à la puissance motrice qui le met en mouvement une valeur bien inférieure à celle qui serait nécessaire pour le fonctionnement simultané de tous les outils, et dont une assez faible partie seulement serait utilisée en temps ordinaire.

La multiplicité des opérations qu'accomplit un Menuisier universel ne nous semble pas indispensable dans les ateliers de nos arsenaux, dont l'importance motive la présence de quelques machines spéciales, et dispense par suite de la nécessité d'avoir

des engins bons à tout faire; aussi ne croyons-nous pas devoir donner les dessins d'aucun des Menuisiers dont nous avons parlé. Les appareils qu'il conviendrait d'employer pour réduire le travail manuel dans nos arsenaux devraient être, à notre avis, d'une nature plus simple, tout en permettant d'effectuer un certain nombre d'opérations de détail; les machines-outils de ce genre existent chez les constructeurs anglais, mais elles ne sont représentées à l'Exposition que par une scie circulaire de Robinson et une toupie de Ransome dont il a été question plus haut (Pl. 77 et 83), et, par suite, leur description n'entre pas dans le cadre de ce rapport.

MACHINE A COUPER LES ONGLETS.

Voici un petit outil dont l'invention est assez récente et qui mériterait de prendre place dans tous les ateliers de menuiserie; il est destiné à couper les onglets sans qu'on ait besoin de scier préalablement la pièce à travailler à la longueur voulue; on peut en faire usage, même dans le cas de moulures assez contournées, sans craindre de voir celles-ci se fendre. La *fig. 1* de la Pl. 91 représente assez clairement cet instrument pour qu'il soit inutile d'en donner une description. Ransome, qui l'expose à Vienne, en construit de deux modèles différents; le plus grand peut couper des pièces de 101 sur 117 millimètres.

Un autre appareil, d'un système identique au précédent, est exposé par la « Fabrique de machines-outils de Chemnitz » (ancienne usine Zimmermann); il est représenté par la *fig. 2*, Pl. 91) et peut couper des baguettes ayant jusqu'à 60 sur 120 millimètres.

CONDUCTEUR PNEUMATIQUE.

Un autre appareil, exposé comme le précédent par Ransome, offre également des dispositions ingénieuses: son but est d'enlever les copeaux et la sciure de bois au moment même où ils

se produisent, et de les conduire dans une chambre qui est généralement située dans le voisinage des chaudières, et d'où on les extrait ensuite à volonté. Il se compose d'un ventilateur placé en un point quelconque de l'atelier, soit au niveau du sol, soit au-dessous, soit contre le plafond, et comprend en outre une série de tuyaux qui partent de l'orifice d'aspiration du ventilateur et viennent aboutir à chaque machine-outil; chacun d'eux se termine par un capuchon à coulisse disposé de telle sorte que la sciure ou les copeaux soient naturellement projetés dans son intérieur, et une fois qu'ils y sont engagés, ils se trouvent entraînés par l'air aspiré par le ventilateur; ils arrivent ainsi à ce dernier, qui les envoie par un tuyau commun dans la chambre destinée à les recevoir. La *fig. 5* de la Pl. 92 représente une installation de cette nature appliquée à des machines à raboter; la disposition qui nous paraît la meilleure pour un grand atelier, et qui est adoptée dans quelques usines, consiste à avoir deux ventilateurs; l'un d'eux, placé au-dessous du sol, enlève la sciure de bois, qui tombe dans de grands entonnoirs situés également en contre-bas du plancher; l'autre est appliqué contre le plafond, et les tuyaux d'aspiration qui en partent ont la même disposition que dans la *fig. 5*: de cette façon, les conduites en tôle que nécessite le conducteur pneumatique ne gênent pas le service de l'atelier, et l'on peut en outre réunir ou séparer à volonté la sciure et les copeaux, ce qui, dans certains cas, peut présenter quelque avantage.

APPAREILS A AFFUTER LES OUTILS.

Les appareils à affûter les scies qui sont exposés à Vienne n'offrent aucune particularité nouvelle à signaler; ceux au contraire qui servent à aiguiser les fers de rabots méritent une mention spéciale. Pour l'affûtage des fers droits, Ransome et Robinson font usage d'engins tout à fait analogues composés de deux meules A et B (*fig. 4 et 5*, Pl. 91, et *fig. 3 et 4*, Pl. 92) montées sur le même arbre, et tournant chacune dans une auge spéciale: la première est ronde et relativement tendre; elle sert pour commencer l'affûtage, que l'on termine sur la sc-

conde ; cette dernière est formée de morceaux de pierre dure encastrés dans une enveloppe en fonte. Les outils que l'on présente à chacune de ces meules sont placés sur des chariots mobiles dans le sens de leur longueur et permettent au fer de prendre telle inclinaison que l'on veut. Dans l'appareil de Robinson, trois roues à main règlent les mouvements du chariot D ; l'une d'elles M le fait courir dans le sens de la longueur, la seconde N l'éloigne ou le rapproche de la meule, et la dernière P règle l'inclinaison du fer. Ces dispositions, sans présenter rien de nouveau, sont bien entendues et doivent donner d'excellents résultats, pourvu toutefois que les meules restent plates et qu'elles tournent bien rond. Ces conditions sont assurément remplies quand les appareils sont neufs, mais il n'en est plus de même en général au bout de quelque temps de service. La machine de Schmaltz remédié à cet inconvénient, en même temps qu'elle jouit de cet avantage que l'affûtage se produit tout seul sans l'intervention de l'ouvrier. Elle se compose d'un plateau AB (fig. 3, Pl. 91) formé d'un alliage de plomb, d'étain et d'antimoine et tourné parfaitement plat ; il reçoit mécaniquement un mouvement de rotation d'environ 120 ou 140 tours par minute, tandis que le fer C est animé en même temps d'un mouvement rectiligne alternatif suivant le rayon. La matière qui produit l'affûtage est de l'émeri, auquel on ajoute un peu d'huile, et qui s'étale tout seul sur le plateau par suite même du fonctionnement de l'appareil ; toutes les fois qu'on veut affûter un nouveau fer, on verse quelques gouttes d'huile, mais on n'a besoin de mettre de l'émeri qu'à des intervalles assez éloignés ; quand ce dernier forme une croûte trop épaisse, on la gratté, puis on remet une nouvelle quantité d'huile et d'émeri. Cette ingénieuse machine mériterait d'être adoptée dans tous nos arsenaux ; elle est très-répandue en Allemagne, et l'on en trouve un second spécimen disposé de la même manière dans l'Exposition de Gschwindt (de Carlsruhe).

Un autre appareil, qui est également peu employé en France et dont l'utilité est incontestable, est celui qui sert à affûter les fers à moulures sans avoir besoin de les détremper. Ransome et Robinson en exposent deux qui sont presque identiques : ils se composent (fig. 6 et 7, Pl. 92) d'un certain nombre de meules dont les circonférences sont façonnées suivant différents

profils, de façon à s'adapter aux formes les plus variées des fers à moulures; au-dessus de chacune d'elles est placé un robinet communiquant avec une grande caisse pleine d'eau; cet engin est évidemment appelé à faire disparaître complètement le mode grossier d'affûtage à la main, qui est le seul employé dans un grand nombre d'ateliers pour les outils de cette nature.

2° MACHINES-OUTILS POUR LE TRAVAIL DES MÉTAUX.

Comme nous l'avons déjà dit, les machines-outils à travailler les métaux que l'on trouve à Vienne ne présentent que peu de particularités qui n'aient été déjà décrites. Le plus souvent, le but que se sont proposés les constructeurs en renom paraît être, non pas d'attirer l'attention par des dispositions nouvelles, mais plutôt de montrer le fini et la parfaite exécution des produits de leur fabrication; aussi nous bornerons-nous à passer rapidement en revue les principaux appareils exposés, en groupant tous ensemble ceux qui sont dus à un même industriel.

ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE.

Les machines-outils de Sellers sont connues depuis long-temps par la perfection de leur exécution, aussi bien que par l'originalité de leur agencement; parmi celles que ce constructeur a envoyées à Vienne, on remarque une machine à raboter dont un spécimen avait déjà figuré à l'Exposition de 1867, et qui est décrite dans le 30^e volume du *Technologiste* (année 1868). Les dispositions de cet appareil sont adoptées maintenant par la maison Sharp et Stewart, de Manchester; les fig. 1 et 2 de la Pl. 93 représentent le mécanisme qui donne le mouvement de va-et-vient à la table mobile; celle-ci porte à sa partie inférieure une crémaillère AB qui engrène avec une vis sans fin CD dont l'arbre a une direction oblique MN, et est conduit par des roues d'angle placées de telle façon que l'axe de la table soit parallèle à celui de l'atelier; chez Sharp et Stewart, au con-

traire, ces deux axes sont à angle droit l'un avec l'autre, suivant l'habitude généralement adoptée en Angleterre et en France. Cette machine est parfaitement exécutée et produit un travail d'un fini remarquable; elle ne paraît pas avoir subi de modifications depuis 1867.

Dans la machine Sellers à tailler les engrenages droits, tous les mouvements s'opèrent automatiquement sans l'intervention de l'ouvrier; le plan de la roue à tailler est vertical, ainsi que l'axe de la fraise qui façonne les dents; ce dernier est animé d'un mouvement horizontal de va-et-vient pendant lequel il accomplit son travail, après quoi la roue tourne toute seule d'une dent; l'axe de l'engrenage peut se fixer à diverses distances de l'outil suivant la grandeur de son diamètre. Cet appareil, dans lequel toutes les difficultés du problème que s'était posé l'inventeur ont été résolues de la manière la plus satisfaisante, nécessite néanmoins la présence constante d'un ouvrier, et par suite il y aurait avantage à faire exécuter par ce dernier une partie des mouvements qui s'accomplissent maintenant d'une manière complètement automatique.

Chez Sellers, tous les engrenages, même ceux qui sont moulés avec des machines spéciales, sont ensuite taillés : ce mode d'opérer, dont la nécessité nous paraît douteuse, n'est pas adopté en Angleterre; on s'y contente en général d'exécuter le moulage avec toute la précision possible par les moyens que nous indiquerons plus loin, et on laisse ensuite les roues brutes de fonte; outre l'économie qu'on trouve à agir ainsi, on a en outre cet avantage que la couche extérieure du métal, plus dure que celle du centre, est conservée sur la denture et maintient pendant plus longtemps l'exactitude de ses formes.

La machine à tarauder, du même industriel, est trop connue pour être décrite ici; elle est adoptée par un grand nombre de constructeurs.

La machine à mortaiser, de Sellers, est aussi bien exécutée que les précédentes; la course variable de l'outil est obtenue, suivant le système habituel, en déplaçant l'extrémité supérieure de la bielle motrice dans une rainure pratiquée dans le plateau où elle est fixée; en outre, une vis verticale permet de régler la position initiale de l'outil suivant la hauteur de la pièce à travailler.

Pour en finir avec les appareils de Sellers, nous citerons une machine à affûter les forets à langue d'aspic : elle se compose simplement d'une petite meule en émeri située dans un plan vertical et fixée à l'extrémité d'un bras de levier qui peut s'incliner plus ou moins sur l'horizontale suivant la prise qu'on veut donner à la meule; celle-ci, ainsi que son bras, sont mobiles horizontalement. Le foret est fixé au moyen d'une vis de pression dans un support faisant corps avec le banc fixe de l'appareil. Ce petit outil fonctionne bien et produit un affûtage plus soigné et plus rapide que celui qu'on obtient par les procédés habituels; son prix est de 760 francs.

ANGLETERRE.

Si la section anglaise ne comprend qu'un assez petit nombre de machines-outils pour le travail des métaux, en revanche quelques-unes d'entre elles se font remarquer par le choix judicieux des types adoptés et par la façon exceptionnelle dont elles sont exécutées. Parmi ces dernières, il convient de citer tout particulièrement les appareils que la maison Sharp et Stewart, de Manchester, expose comme spécimens de sa fabrication. Dans la machine à raboter de ces industriels, la table mobile est mue par une vis sans fin et par une crémaillère d'après le système Sellers; la pièce à travailler peut être attaquée à la fois par trois outils, dont deux agissent sur sa face supérieure et le troisième sur le côté; chacun d'eux est susceptible de recevoir deux mouvements rectangulaires et s'incline en outre à volonté. Suivant l'usage adopté maintenant par tous les constructeurs en renom, les bâts sont creux : on comprend en effet que c'est là une disposition plus nécessaire encore que dans les appareils à façonner les bois.

La machine à buriner et celle à façonner, des mêmes fabricants, appartiennent à des types bien connus; elles sont parfaitement exécutées et se font remarquer par le soin avec lequel on a évité toute espèce de porte-à-faux; les pièces mobiles sont parfaitement tenues, et aucune espèce de vibration n'est à craindre avec les dispositions employées. La tenue des deux tables de la machine à façonner diffère un peu de celle qui est

adoptée par Whithworth : à leur partie inférieure elles s'appliquent contre une longrine horizontale qui va d'un pied à l'autre de l'appareil; mais ce n'est là qu'un détail secondaire; les deux outils dont il est muni sont complètement indépendants l'un de l'autre.

L'une des machines à cisailier et à poinçonner exposées par de Bergue est établie suivant le système qui est adopté depuis longtemps par ce constructeur, et dont les excellentes dispositions ont été décrites bien des fois. Elle comprend trois outils : l'un pour cisailier les tôles, le second pour couper les cornières et le troisième pour poinçonner; ce dernier seul se désembraye. Cet appareil, dont le prix est de 6425 francs, coupe des tôles de 25 millimètres et perce des trous de 28 millimètres; un autre, d'une puissance moindre et de formes un peu différentes, est représenté par la *fig. 5* (Pl. 93); il ne porte que deux outils, une cisaille et une poinçonneuse, dont la dernière seule se désembraye; le balancier *M* est mû, comme précédemment, par un excentrique placé à sa partie supérieure; mais le nombre des engrenages qui le commandent est réduit de moitié; cet engin, qui coûte 3,375 francs, peut percer des trous de 19 millimètres dans des tôles de la même épaisseur; par la simplicité et le bon agencement de ses organes, il constitue un type très-bien approprié aux travaux de moyenne dimension.

Les appareils dont nous venons de parler se prêtent parfaitement à recevoir une machine motrice : c'est là une disposition qui est extrêmement employée en Angleterre, mais dont l'Exposition ne renferme pas de spécimens. Ces deux engins sont loin d'ailleurs de donner une idée exacte de la puissance des gros outils qu'on emploie maintenant d'une manière courante pour les grands travaux de tôlerie; MM. de Bergue, en particulier, construisent des appareils établis sur le même type que les précédents, et pouvant percer des trous de 50 millimètres dans des plaques de cette épaisseur.

La machine à buriner exposée par Hind (de Nottingham) et quelques outils du même fabricant n'offrent rien de particulier; leur construction nous a semblé moins soignée et moins bien entendue que celle des bons constructeurs anglais : cette remarque est surtout applicable aux machines-outils de New, qui présentent à cet égard une infériorité bien marquée.

Powis, constructeur de machines-outils pour les bois, expose une scie à ruban destinée au découpage des métaux et représentée par la Pl. 94. Les appareils de ce genre sont très-répandus en Angleterre, nous a-t-on dit; leur ruban d'acier est peu large et muni d'une denture fine; il parcourt environ 80 mètres par minute, et quelquefois plus quand la scie est fraîchement aiguisée; toutes les trois heures environ il faut procéder à un nouvel affûtage. Le métal est coupé froid; la surface sciée par minute varie, suivant les constructeurs, de 42 à 19 centimètres carrés s'il s'agit du fer, et elle s'élève au double pour le bronze; la lame sans fin, qui s'échauffe forcément pendant le travail, doit revenir froide au point de départ: on obtient ce résultat soit en l'arrosant avec de l'eau de savon, soit en la graissant avec du suif vert. La table sur laquelle se place la pièce à travailler est établie d'une manière assez solide pour recevoir des objets très-lourds. Dans la Pl. 94 on remarquera la disposition du tendeur élastique MN, qui est la même que dans les scies à bois de Powis. Cet engin n'était pas en fonctionnement à l'Exposition.

Des appareils analogues sont construits par plusieurs autres industriels et offrent les mêmes dispositions; on en trouve dans la section suisse un autre spécimen dont nous parlerons plus loin. Ils sont très-employés maintenant dans l'industrie parisienne, et leur introduction dans les arsenaux nous semblerait très-avantageuse.

Un autre engin sur lequel il convient d'appeler l'attention est celui de Scott pour mouler les engrenages (Pl. 95). Il se compose d'un arbre vertical fixe A et d'une longue douille BB' munie de guides fixes horizontaux M, dans lesquels peuvent courir les deux glissières CD, EF réunies à leurs deux extrémités G et H, de façon à former un chariot unique; l'une de ces dernières H porte elle-même un guide vertical KK' dans lequel se déplace le coulisseau HH' quand on tourne à la main la roue L; à cet effet, celle-ci actionne, au moyen de la vis N, la roue striée P clavetée sur le même axe que la poulie Y, et sur cette dernière s'enroule la chaîne R, dont les deux extrémités sont fixées au coulisseau HH'; la partie inférieure S de celui-ci porte le segment de modèle composé d'une dent qui sert au moulage. Le mouvement horizontal du chariot CDEF s'opère

une fois pour toutes au commencement du travail au moyen de la roue T et de la vis UU', qui règlent le diamètre de la roue à mouler. Quand on a fini de fouler du sable dans la portion de modèle portée par le coulisseau HH', on soulève ce dernier, puis on fait tourner tout le chariot de l'intervalle d'une division au moyen de la roue V qui met en mouvement les engrenages Q, ainsi que la vis R et la roue striée S clavetée sur la douille BB'. Suivant le nombre des dents à obtenir on change les roues Q, ce qui ne présente aucune difficulté; enfin des poids variables contenus dans la boîte X permettent d'équilibrer dans chaque cas le coulisseau HH' et les organes qui lui sont fixés.

Sans entrer dans plus de détails à ce sujet, il est facile de comprendre qu'on peut avec cet appareil mouler des roues dentées avec une grande précision, sans avoir besoin d'en faire un modèle en bois et sans avoir à craindre les avaries inévitables qui se produisent quand on retire du sable un modèle complet; nous devons cependant faire remarquer qu'un engin de la nature de celui que nous venons de décrire est bien délicat pour fonctionner au milieu de la poussière qui règne en permanence dans un atelier de fonderie, et que son maniement ne peut être confié qu'à des ouvriers assez habiles. Le procédé suivi depuis plusieurs années déjà au port de Brest nous semble donc préférable: il consiste, comme on le sait (voir le *Mémorial du génie maritime*, année 1870, 1^{re} livraison), à faire simplement usage d'une trousse qu'on fait tourner autour d'un arbre vertical en l'arrêtant à chaque dent aux divisions tracées sur un large anneau en fonte dont le centre coïncide avec celui de l'arbre; ces dernières sont obtenues avec la machine à diviser de l'atelier d'ajustage, et elles fixent pour chaque dent la position de la trousse d'une manière au moins aussi exacte que le mécanisme de Scott. On obtient ainsi à peu de frais et sans ouvriers spéciaux des roues d'engrenage dont la denture est assez parfaite pour n'avoir pas à subir de retouches soit à la main, soit à la machine. Le mode ordinaire de moulage avec un modèle complet en bois donne au contraire des résultats tellement imparfaits qu'on ne saurait en faire usage pour tout travail un peu soigné.

Dans la section allemande, la « Fabrique de machines-outils

de Chemnitz » (ancienne usine Zimmermann) expose une machine à mouler les engrenages qui n'est autre chose qu'une copie de celle de Scott; elle est représentée en perspective sur la Pl. 96, et chacun de ses organes est désigné par les mêmes lettres que celui qui lui correspond dans l'appareil anglais.

FRANCE.

Les seuls exposants français de machines destinées au travail des métaux sont MM. Dandoy-Maillard, Lucq et C^e (de Mau-beuge), dont les appareils sont principalement destinés aux petits ateliers; leurs outils sont bien construits et leur disposition d'ensemble est satisfaisante, mais ils ne renferment absolument rien de nouveau. Quelques outils de dimensions un peu plus grandes et bien exécutés sont exposés par la même maison.

SUISSE.

Dans la section suisse, on trouve plusieurs belles machines-outils dues à Rieter (de Winterthür); l'une de celles qui a le plus attiré notre attention est une scie à découper les métaux qui paraît parfaitement établie, mais que nous n'avons pu voir fonctionner. Elle est conçue dans le même ordre d'idées que les scies anglaises dont nous avons déjà parlé, et peut découper des morceaux de fer de 17 millimètres d'épaisseur. La pièce à travailler repose de chaque côté de la lame sur deux boîtes plates en tôle ayant environ 30 centimètres de large, 40 centimètres de long et 3 centimètres d'épaisseur; elles sont creuses et contiennent chacune quatre rangées de boules en fer distantes les unes des autres d'environ 7 à 8 centimètres, et faisant légèrement saillie sur leur face supérieure et leur face inférieure à travers de petites ouvertures circulaires dans lesquelles elles se trouvent ainsi naturellement maintenues; des dispositifs analogues sont employés, nous a-t-on dit, par tous les constructeurs des engins de cette nature.

BELGIQUE.

Dans la section belge figurent deux belles machines exposées par Bède, constructeur à Verviers : l'une d'elles est un appareil à percer à quatre mèches verticales, presque semblable à celui de Whithworth, seulement la vis horizontale qui déplace les mèches est située au bas du bâti au lieu de l'être à la partie supérieure. La seconde est une machine à aléser disposée à peu près de la même manière que celles de Graffenstaden ; mais elle présente cette particularité qu'elle est double ; elle comprend deux porte-outils parallèles qui sont fixés sur un banc de 5 mètres de long et reçoivent chacun une commande indépendante ; une vis dirigée suivant la longueur du banc permet de régler comme on veut leur distance. Les deux plateaux situés en face des barres d'alésage et destinés à recevoir les pièces à travailler peuvent également se déplacer parallèlement à la longueur de l'appareil ; on trouvera un dessin complet de cet outil dans le 14^e volume de l'*Engineering* ; sa construction, ainsi que celle de la machine précédente, dénote une fabrication bien entendue dans l'établissement de M. Bède.

ALLEMAGNE.

La section allemande est extrêmement riche en machines-outils à travailler les métaux ; le grand nombre d'usines qui se livrent à cette industrie et leur importance constituent un fait digne de remarque qui apparaît pour la première fois d'une manière aussi frappante dans une exposition universelle. S'il est juste d'affirmer qu'une bonne partie des appareils exposés est inférieure aux produits des industriels anglais de premier ordre, on doit en revanche reconnaître que, dans un certain nombre d'établissements d'Allemagne, ce genre de construction est très-bien entendu et parfaitement dirigé ; plusieurs des machines-outils qu'ils ont envoyées à Vienne offrent un ensemble tout à fait satisfaisant qui n'est pas moins remarquable par le bon agencement des organes que par la perfection des détails.

et leur bonne exécution. C'est principalement à Chemnitz que se trouve un centre industriel extrêmement important pour la fabrication des appareils qui nous occupent. L'Exposition de 1867 avait déjà mis en évidence les deux usines de Hartmann et de Zimmermann situées dans cette ville; en 1873, on voit figurer dans la galerie des machines non-seulement les produits de ces deux établissements, mais encore ceux des trois autres ateliers qui peuvent rivaliser avec les premiers, sinon par l'importance de leur production, au moins par la bonne qualité de leurs appareils.

En général les constructeurs allemands ont simplement reproduit dans leurs machines-outils des dispositions dont l'usage a fait reconnaître depuis longtemps les bons résultats; aussi nous bornerons-nous à reproduire les dessins d'un très-petit nombre de leurs engins, et à donner quelques indications succinctes sur les autres; nous passerons même complètement sous silence les produits d'un grand nombre de constructeurs secondaires dont la longue nomenclature n'offrirait aucun intérêt. Nous laisserons également de côté tous les outils qui sont spéciaux à la fabrication des locomotives et qui constituent une branche importante de travail dans un certain nombre des établissements dont nous venons de parler.

La « Fabrique de machines de Saxe » (*Sächsische Maschinenfabrik*, ancienne usine Hartmann, à Chemnitz) expose une machine horizontale à percer et à fraiser qui nous paraît assez intéressante pour que nous en donnions un dessin complet (Pl. 97 et 98). Le mouvement lui est donné par une poulie à cinq vitesses A et les engrenages Z, qui font tourner les arbres BC, DE, FG, et par suite le pignon fou H quand celui-ci est en prise avec le manchon K; la roue dentée I donne alors un mouvement de rotation au porte-outil horizontal J. Le serrage se produit automatiquement dans les deux sens au moyen de quatre paires de roues L, L', L'', L''' dont les diamètres sont différents, de façon à faire varier sa valeur; pour le retour rapide à vide, on fait usage du volant à main M. Comme on le voit sur les figures, le porte-outil peut se mouvoir dans deux sens rectangulaires, de façon à atteindre un point quelconque d'un objet placé devant la machine; mais il est en outre à remarquer que l'un ou l'autre de ces déplacements se produit

automatiquement au moyen du manchon N; ce dernier donne en effet la possibilité de faire tourner sous l'action du moteur les roues dentées P, que l'on engrène à volonté avec l'un ou l'autre des arbres horizontaux Q et R; le premier est fileté et fait courir le bâti S le long du banc TT'; l'autre actionne, au moyen d'engrenages coniques, la vis UU' reliée par un écrou au chariot porte-outil. Suivant que le manchon est mis en prise avec les roues V ou V', les mouvements dont nous venons de parler se produisent dans un sens ou dans l'autre, et par suite on peut, avec cet appareil, non-seulement percer, mais encore pratiquer des cannelures horizontales ou verticales; dans le premier cas, on fait occuper à l'outil la position nécessaire pour le travail en plaçant la roue à main X sur l'extrémité carrée de l'un ou l'autre des arbres horizontaux Q ou R.

Sans présenter des dispositions bien nouvelles, la machine qui précède nous paraît appelée à rendre d'excellents services, et elle doit être classée parmi l'un des meilleurs outils de l'espèce; elle est parfaitement exécutée et sa construction fait honneur à l'usine qui l'a produite.

Le même établissement expose un tour disposé pour faire des pièces coniques et une machine à chanfreiner des tôles de 5^m,40 de long et de 25 centimètres d'épaisseur. Nous donnerons plus loin le dessin et la description d'un tour tout à fait analogue au premier de ces deux outils; quant au second, il ne nous a paru présenter aucune particularité nouvelle : l'un et l'autre sont d'une excellente construction, ainsi que plusieurs engins destinés par la même maison à la construction des locomotives.

Les appareils exposés par la « Fabrique de machines-outils de Chemnitz » (*Chemnitzer Werkzeugmaschinen-Fabrik*, ancien établissement Zimmermann) sont extrêmement nombreux, mais ne présentent pas de particularités nouvelles : ce sont en général de bons outils, bien exécutés. L'une des machines à raboter de cette usine est à crémaillère et à retour rapide, l'outil ne se retourne pas. Une machine à buriner et une machine à façonner n'offrent rien à noter, si ce n'est que dans la dernière chacune des deux tables est mobile dans le sens horizontal et dans le sens vertical au moyen de crémaillères et de pignons; cette disposition et ses variantes sont très-répandues

en Allemagne, ainsi que des rainures horizontales creusées dans les faces latérales des tables pour donner plus de facilité à la tenue des pièces à travailler.

Sur les trois tours exposés par le même établissement, l'un est un tour à surface, les deux autres sont le premier à banc coudé, le second à banc interrompu. Leur mécanisme est le même que celui qui a été décrit bien des fois comme adopté par l'usine Zimmermann.

Une machine à aléser, disposée en même temps pour tourner, est munie en outre d'une table mobile verticalement; ce mouvement, joint à ceux que possède le chariot du porte-outil, rend ce dernier mobile dans trois directions rectangulaires.

De puissants engins destinés au travail des tôles sont exposés par la même usine; celui qui sert à chanfreiner est muni de deux chariots porte-outils permettant d'attaquer les pièces sur deux faces à la fois. La machine à mouler les engrenages (Pl. 96) est la reproduction de celle de Scott, et il en a déjà été question; enfin il existe encore dans la même exposition un certain nombre d'autres appareils sur lesquels il ne nous paraît pas nécessaire de nous arrêter. Nous signalons seulement la présence d'une grande machine à tailler les engrenages droits ou coniques qui a déjà figuré à l'Exposition de 1867. Un engin de ce genre ne saurait trouver sa place dans nos arsenaux, à cause du petit nombre de roues coniques qui s'y exécutent; nous nous bornerons donc à dire qu'on en trouve une description détaillée dans le 18^e volume de la publication industrielle d'Armengaud (année 1869) et à donner sur la Pl. 99 une projection verticale du spécimen exposé à Vienne, afin qu'on puisse voir les modifications de détail que les constructeurs y ont apportées depuis 1867.

Nous dirons enfin quelques mots des outils taillants qui sont employés depuis longtemps par l'usine Zimmermann, et dont l'usage est très-répandu maintenant. Ils se composent, comme on le sait, d'une barre cylindrique d'acier trempée à son extrémité seulement et affûtée à la meule suivant une surface plane oblique (voir la Pl. 100); ils sont tenus au moyen d'une vis A (*fig. 1*) dans un porte-outil B en acier forgé, raboté sur les deux faces qui s'appliquent dans la boîte à outils, et alésé intérieurement pour le passage de la barre; quand le diamètre de

celle-ci dépasse 22 millimètres, on fait usage d'une seconde vis C (*fig. 4*) pour s'opposer à tout déplacement de sa part. L'inclinaison donnée à la tige cylindrique dans son porte-outil a partout la même valeur : elle est égale à 7°. Les figures de la Pl. 100 montrent les formes différentes de porte-outils qui sont adoptées pour tous les genres de travaux ; on y voit également (*fig. 5*) la disposition d'un porte-outil à pivot destiné à recevoir des lames d'acier plates ayant toutes même section et affectant à leur extrémité des formes diverses pour faire des congés, des rainures, etc., et autres travaux auxquels l'outil rond ne convient naturellement pas.

Les avantages qu'on fait valoir en faveur des outils Zimmermann sont les suivants : facilité et simplicité de confection et d'affûtage ; économie résultant de ce que la barre d'acier formant l'outil n'a qu'une masse très-faible et ne donne lieu qu'à des déchets insignifiants, tandis que les porte-outils se conservent indéfiniment sans altération ; le nombre de ces derniers est d'ailleurs relativement peu considérable ; enfin, à égalité de largeur de passes, une plus grande perfection de travail est obtenue avec un outil rond, à cause du plus grand diamètre de la partie qui attaque le métal. Ces avantages nous semblent assez sérieux pour motiver dans nos arsenaux l'essai sur une grande échelle d'outils de cette espèce pris chez les constructeurs. Nous signalerons également le bon parti que les mêmes industriels retirent de l'emploi de mèches en spirales dites mèches américaines, et tout à fait analogues à l'outil dont se sert Guilliet pour mortaiser le bois (*fig. 10, Pl. 86*) ; ces mèches sont extrêmement répandues à l'Exposition, et elles paraissent jouir d'une grande faveur en Angleterre et en Allemagne.

Trois autres usines, établies comme les précédentes à Chemnitz, exposent chacune une belle collection de machines-outils parfaitement exécutées et dont les dispositions sont bien entendues, mais ne présentent rien de nouveau. Ce sont :

« La Société pour la construction des machines » (*Maschinenbau Verein*, ancienne usine Schellenberg) ;

« La Fabrique de machines-outils Vulcan » (*Werkzeugmaschinenfabrik Vulcan*, ancienne usine William Benndorf) ;

« La Fabrique de machines-outils Saxonia » (*Werkzeugmaschinenfabrik Saxonia*, ancienne usine Constantin Pfaff).

Les nombreux engins exposés par ces diverses maisons montrent la bonne direction qui préside à leur construction; mais, par suite du manque d'originalité que nous avons signalé, nous donnerons seulement le dessin de l'appareil à tourner conique exposé par le second de ces établissements (Pl. 101); il est du même genre que le tour d'Hartmann, dont nous avons dit quelques mots précédemment; le porte-outil peut être animé par la machine d'un mouvement transversal en même temps que d'un mouvement longitudinal; ce dernier lui est donné par la vis A, l'autre par la vis B qui actionne la roue striée D et les engrenages E. Cet appareil est bien conçu et son emploi nous paraît avantageux toutes les fois qu'on a des pièces coniques à tourner.

L'usine Heilmann-Ducommun et Steinlen (de Mulhouse) expose une assez nombreuse collection de machines-outils de dimensions moyennes qui ne le cèdent sous aucun rapport à celles des meilleurs constructeurs; elles appartiennent toutes à des types excellents et sont admirablement exécutées et ajustées. Quelques spécimens des travaux accomplis par ces appareils, et entre autres un marbre d'ajustage, sont des pièces remarquables. La machine à tarauder du système Reiss, exposée par l'établissement Ducommun (fig. 3, Pl. 93), a la disposition d'un tour à fileter; le taraudage s'opère au moyen de quatre peignes dirigés vers l'axe de la machine et portés par un chariot glissant sur le banc AB au moyen d'un pignon engrenant à volonté avec une vis CD servant de crémaillère. Les quatre peignes se rapprochent ou s'éloignent simultanément de l'axe au moyen de deux vis filetées en sens inverse, et reliées par des engrenages à un arbre sur lequel est clavetée une roue à main. Cet appareil doit certainement donner des résultats plus précis que la machine à tarauder ordinaire, et son fonctionnement est plus rapide que celui d'un tour à fileter.

La lame d'alésage extensible représentée sur la Pl. 93 permet d'obtenir sans retouche et avec la plus grande précision tel diamètre que l'on veut: elle se compose de deux lames qui s'engagent l'une dans l'autre à queue d'aronde et à mi-épaisseur; un coin placé entre elles leur permet de s'écartier de façon qu'on peut régler très-exactement leur diamètre extérieur; l'emploi de cet outil nous paraîtrait très-avantageux pour les

travaux des arsenaux. Signalons enfin un mandrin universel concentrique dans lequel les trois mâchoires se meuvent d'un mouvement commun au moyen de trois vis portant chacune un pignon denté engrenant avec une couronne commune; ce petit appareil, qui est assez répandu à l'Exposition, est construit tantôt pour centrer les outils de tour, tantôt pour faire d'une manière expéditive la même opération sur des pièces dont le contour extérieur est venu de fonte à très-peu près rond.

L'usine Collet et Engelhard (d'Offenbach-sur-le-Main) a été fondée, nous a-t-on dit, par un ancien dessinateur de Sharp et Stewart; les outils qu'elle expose nous ont paru tous bons, mais nous n'y avons pas remarqué de dispositions nouvelles; une grande machine à chanfreiner de ces constructeurs est munie, comme celle de Zimmermann, de deux chariots portant chacun un porte-outil de façon à raboter au besoin les tôles sur deux faces à la fois.

Gschwindt (de Carlsruhe) expose une collection assez nombreuse de machines-outils dont les dispositions sont satisfaisantes et qui sont bien exécutées, mais dans lesquelles nous n'avons trouvé aucun point spécial à noter.

Plusieurs autres établissements dont nous n'avons pas encore parlé paraissent présenter une importance assez grande; mais les dispositions de leurs machines nous ont semblé en général inférieures à celles des exposants précédents: tels sont par exemple les outils de Schöne (de Leipzig); l'agencement de leurs divers organes entre eux ne permet pas de compter sur un travail précis dès qu'il s'est produit un peu d'usure, et le même inconvénient doit même se présenter avec quelques-unes des machines neuves. La même remarque est applicable à plusieurs autres industriels. Quant aux nombreux ateliers d'importance secondaire dont les produits figurent à Vienne, nous n'avons vu chez aucun d'eux d'appareil méritant une mention spéciale.

Pour terminer ce qui est relatif à la section allemande, nous dirons quelques mots de la machine à tailler ou plutôt à retoucher les engrenages coniques exposée par Riedinger (d'Augsbourg); la même raison qui nous a conduit à citer simplement l'appareil du même genre de Zimmermann fait que nous nous bornerons à indiquer les dispositions d'ensemble de

cet outil, qui attaque à la fois les deux faces de chaque intervalle vide de la denture; c'est, nous a-t-on dit, le premier de l'espèce qui ait été construit, et des modifications ultérieures doivent être apportées au type définitif; nous croyons néanmoins, à cause de la nouveauté de cet engin, devoir en donner (Pl. 402) un dessin détaillé, afin qu'on puisse se rendre compte de sa construction. La roue à tailler R est fixée sur un arbre mobile horizontalement au moyen de la roue à main p et de la vis q , de telle sorte que le sommet de son cône se trouve sur l'axe fixe KK'; lorsque chaque dent est terminée, on fait tourner la roue d'une division en agissant sur la manivelle t qui s'engage à chaque arrêt dans des encoches ménagées à cet effet. Le bâti MN, sur lequel sont fixés les porte-outils, est mobile autour de l'axe vertical KK', et quel que soit l'angle qu'il fasse avec la ligne $\alpha\gamma$, l'extrémité S des outils tranchants décrit toujours une ligne qui passe par le sommet de la roue à travailler; deux guides convergents A et A' s'articulent en V, sur un axe horizontal fixé sur le bâti en question, et ils peuvent ainsi faire l'un avec l'autre un angle plus ou moins grand. Les porte-outils F et F' glissent longitudinalement sur ces guides, ils sont mis par les tiges f et f' (non représentées sur la fig. 6); l'extrémité f_1 de ces dernières est fixée au secteur B actionné par la machine par l'intermédiaire de l'arbre H, des engrenages h , du plateau à rainure k et de la bielle l . Les guides convergents A et A' se terminent par de petites tiges en acier m et m' qui traversent deux systèmes de rainures m_1, mm'_1 et $bb'b''$ (fig. 5) pratiquées dans deux plaques appliquées l'une contre l'autre; l'angle que ces guides forment entre eux se trouve ainsi déterminé à chaque instant. La plaque qui porte la rainure $bb'b''$ se déplace après chaque passe sous l'action de la roue à rochet d , de sorte que les tiges m et m' finissent par parcourir à elles deux la totalité de la rainure m_1, mm'_1 (fig. 4); la forme de cette dernière est d'ailleurs calculée de manière que les outils viennent précisément décrire le contour fixé pour la denture, et comme ses dimensions sont beaucoup plus grandes que celles de chaque dent, on peut compter sur un travail très-exact si leur forme a été déterminée convenablement; chaque chariot mobile sur les guides A et A' est muni de deux porte-outils destinés à servir pour des roues de diamètre différent; on a soin en outre que

chacun d'eux ne se trouve pas en face de celui qui lui correspond dans l'autre chariot, sans quoi ils viendraient buter l'un contre l'autre en arrivant vers le fond de la dent; enfin les dispositions des porte-outils sont telles que pendant le retour à vide les lames travaillantes ne sont pas en contact avec la pièce.

La machine que nous venons de décrire était employée à l'Exposition à tailler des roues en bois, et elle paraissait bien fonctionner; son constructeur la destine également à retoucher les engrenages métalliques dans lesquels on veut avoir une denture parfaite; telle qu'elle existe, ses diverses parties, et en particulier ses outils, ne nous semblent pas offrir assez de solidité et de résistance pour pratiquer une denture sur des roues coulées pleines.

AUTRICHE.

Les machines-outils pour le travail des métaux exposées par l'Autriche sont beaucoup moins nombreuses et moins intéressantes que celles de la section allemande; le seul grand établissement dont nous ayons remarqué les produits est celui de Pfaff et Fernau (de Vienne). Les appareils de ces constructeurs sont en général bien exécutés, mais ne présentent rien de nouveau; nous avons particulièrement remarqué un tour à surface dont les dispositions sont très-satisfaisantes. Une machine à façonner et une autre à buriner, du même industriel, sont la reproduction des types adoptés en Angleterre. Une machine à percer à deux outils indépendants placés de part et d'autre du bâti central nous a paru également bien entendue; en revanche, une machine radicale des mêmes fabricants est mal tenue par la tête, et les deux tables en échelon dont elle est munie constituent un dispositif qui est moins avantageux que la fosse adoptée le plus souvent dans les engins de cette espèce.

Les autres appareils de la section autrichienne n'offrent qu'un intérêt secondaire; il en est de même des quelques machines-outils, très-peu nombreuses d'ailleurs, qui figurent dans les sections des différents pays dont nous n'avons pas parlé jusqu'ici.

FIN.

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages
Injecteurs.	1
Éjecteurs.	10
Chaudières à vapeur.	12
Réchauffeurs.	37
Appareil pour purifier l'eau d'alimentation des chaudières.	40
Marteaux-pilons.	42
Pompes à vapeur.	68
Pompes à incendie à vapeur.	82
Régulateurs.	87
Manomètres, compteurs, indicateurs.	103
Machines-outils.	105
Scies à mouvement alternatif.	108
Scies à ruban.	114
Scies circulaires.	118
Machines à raboter, sans déganchir.	122
Machines à raboter et à dégauchir.	126
Machine à parquets.	129
Toupies.	130
Machines à faire les tenons.	134
Machines à faire les queues d'aronde.	136
Machines à mortaiser et à percer.	138

	Pages
Menuisiers universels.	142
Machine à couper les onglets.	144
Conducteur pneumatique.	144
Appareils à affûter les outils.	145
Machines-outils pour le travail des métaux.	147

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

Paris. — Imprimerie Arnoux de Rivière et C^r, rue Racine, 26.

