Conditions d’utilisation des contenus du Conservatoire numérique

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

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

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

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

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

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

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

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

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

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

NOTICE DE LA REVUE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	L'industriel
Auteur(s)	Christian, Gérard-Joseph (1778-1832)
Auteur(s) secondaire(s)	Leblanc, César-Nicolas (1787-1835)
Titre	L'industriel : journal principalement destiné à répandre les connaissances utiles à l'industrie générale, ainsi que les découvertes et les perfectionnements dont elle est journellement l'objet
Adresse	Paris : [s.n.], 1826-1830
Collation	9 vol.
Nombre de volumes	9
Cote	CNAM-BIB P 905
Sujet(s)	Industrie -- Périodiques Technique -- Périodiques
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?P905
LISTE DES VOLUMES	Première année. Tome 1 : n. 1 (1826, mai) - n. 6 (1826, octobre)
	Première année. Tome 2 : n. 1 (1826, novembre) - n. 6 (1827, avril)
	Deuxième année. Tome 3 : n. 1 (1827, avril) - n. 6 (1827, octobre)
	Deuxième année. Tome 4 : n. 1 (1827, novembre) - n. 6 (1828, avril)
	Troisième année. Tome 5 : n. 1 (1828, mai) - n. 6 (1828, octobre)
	Troisième année. Tome 6 : n. 1 (1828, novembre) - n. 6 (1829, avril)
	Quatrième année. Tome 7 : n. 1 (1829, mai) - n. 6 (1829, octobre)
	Quatrième année. Tome 8 : n. 1 (1829, novembre) - n. 6 (1830, avril)
	Quatrième année. Tome 9 : n. 1 (1830, mai) - n. 3 (1830, juillet)

NOTICE DU VOLUME	
Auteur(s) volume	Christian, Gérard-Joseph (1778-1832)
Auteur(s) secondaire(s) volume	Leblanc, César-Nicolas (1787-1835)
Titre	L'industriel : journal principalement destiné à répandre les connaissances utiles à l'industrie générale, ainsi que les découvertes et les perfectionnements dont elle est journellement l'objet
Volume	Quatrième année. Tome 8 : n. 1 (1829, novembre) - n. 6 (1830, avril)
Adresse	Paris : [s.n.], 1829-1830
Collation	1 vol. (288 p.- 18 f. de pl. dépl.) ; 21 cm
Nombre de vues	306

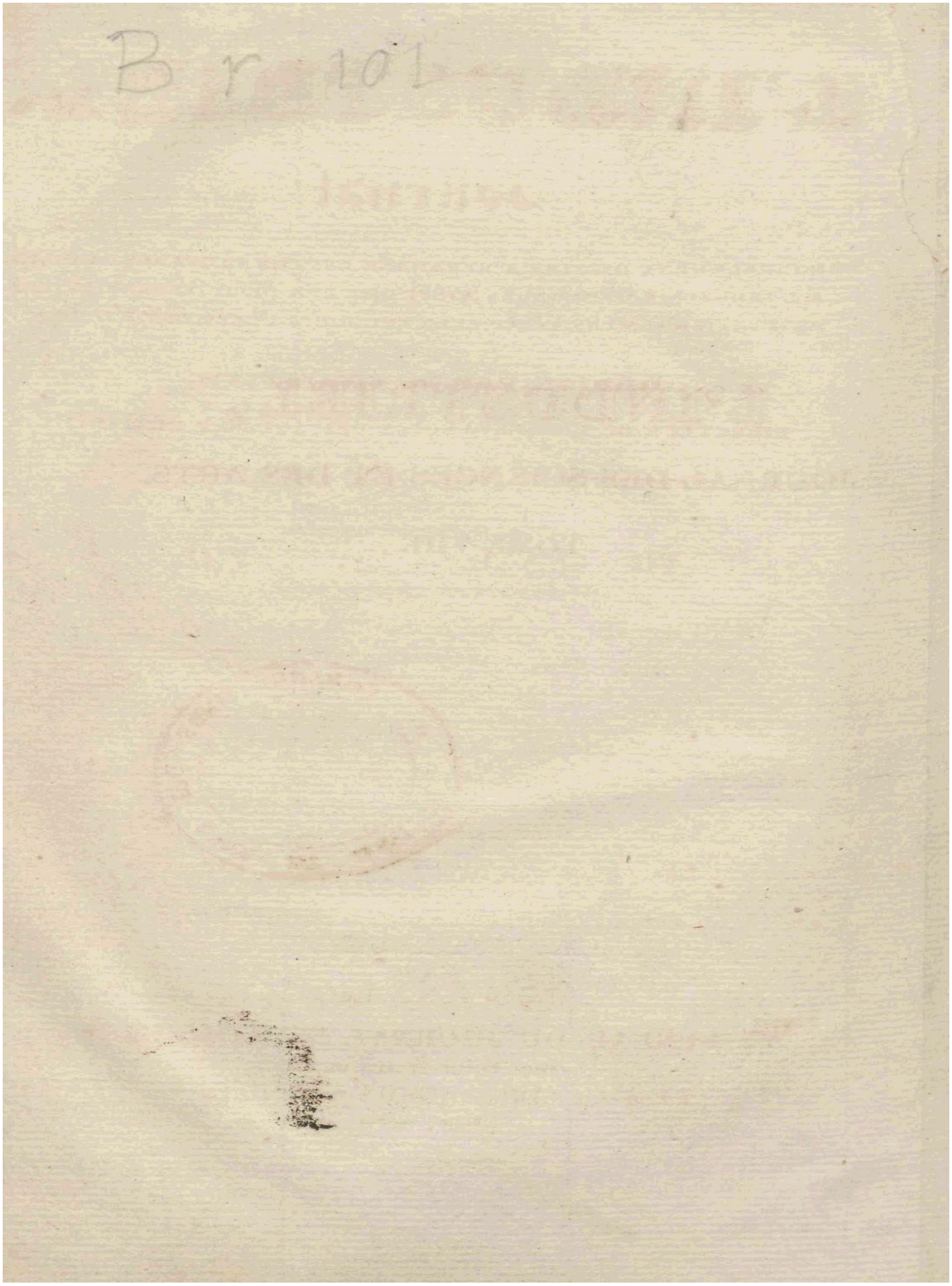
Cote	**CNAM-BIB P 905 (8)**
Sujet(s)	**Industrie -- Périodiques** **Technique -- Périodiques**
Thématique(s)	**Généralités scientifiques et vulgarisation** **Histoire du Cnam** **Machines & instrumentation scientifique**
Typologie	**Revue**
Langue	**Français**
Date de mise en ligne	**18/07/2019**
Date de génération du PDF	**24/02/2022**
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?P905.8

L'INDUSTRIEL,

JOURNAL DES SCIENCES ET DES ARTS.

TOME VIII.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

8° Ku 5

L'INDUSTRIEL.

Journal

PRINCIPALEMENT DESTINÉ A RÉPANDRE LES CONNAISSANCES UTILES A L'INDUSTRIE GÉNÉRALE, AINSI QUE LES DÉCOUVERTES ET LES PERFECTIONNEMENS DONT ELLE EST JOURNELLEMENT L'OBJET.

RÉDIGÉ PAR M. CHRISTIAN,

DIRECTEUR DU CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS;

Orné de planches en taille-douce, gravées par M. LEBLANC.

VII^e ANNÉE. — TOME VIII.

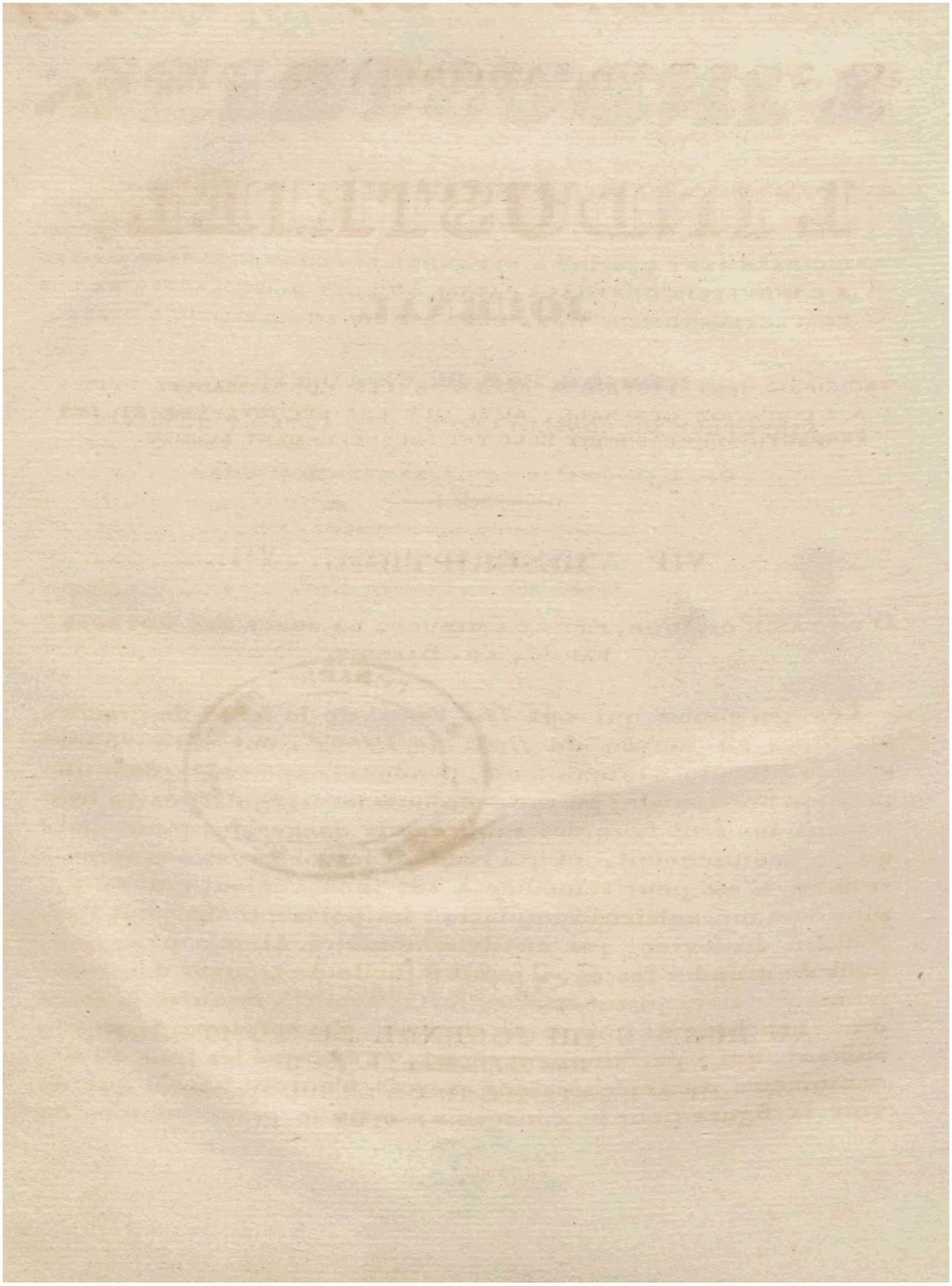
CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS

On Souscrit,

AU BUREAU DU JOURNAL DU COMMERCE,
Rue Saint-Marc, n. 16;
ET A LA LIBRAIRIE DE L'INDUSTRIE,
Même maison.

AM

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Conservatoire des arts et métiers

N° 1. (VIII^e VOLUME.) Novembre 1829.

L'INDUSTRIEL,

JOURNAL

PRINCIPALEMENT DESTINÉ A RÉPANDRE LES CONNAISSANCES UTILES A L'INDUSTRIE GÉNÉRALE, AINSI QUE LES DÉCOUVERTES ET LES PERFECTIONNEMENS DONT ELLE EST JOURNELLEMENT L'OBJET.

DESCRIPTION

D'UN FREIN OBLIQUE, PROPRE A MESURER LA FORCE DES MOTEURS, PAR M. TH. BARROIS.

Les personnes qui ont fait l'essai de la force de grandes machines au moyen du *frein de Prony*, ont éprouvé une grande difficulté à le maintenir, pendant l'expérience, dans une position horizontale; presque toujours les irrégularités du frottement lui font faire des soubresauts dangereux pour ceux qui le maintiennent, et qui rendent les observations impraticables. C'est pour remédier à cet inconvénient grave, que plusieurs mécaniciens remplacent les poids qui chargent l'extrémité du levier, par un dynamomètre. Il m'a paru que, pour de grandes forces, il serait difficile de trouver des dynamomètres assez justes et assez forts; ayant à mesurer la force d'une machine de cinquante chevaux, j'ai employé le moyen suivant, qui a parfaitement réussi, et épargné les frais du dynamomètre. Les mécaniciens exercés n'auront besoin que de voir la figure pour la concevoir; mais le grand nombre de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

procès sur la force des machines prouve que les moyens propres à la mesurer ne sont pas suffisamment connus, et laissent quelque chose à l'arbitraire. C'est dans le but de répandre la connaissance de ces moyens chez les mécaniciens peu versés dans la mécanique rationelle, que je donne la description et une théorie élémentaire du frein que j'ai employé.

a, pl. 1, fig. 1, est la coupe de l'arbre tournant de la machine, mue par le moteur dont il est question de mesurer la force. Cet arbre reçoit, le plus immédiatement qu'il est possible, l'action du moteur, il tourne dans le sens de la flèche, et se trouve horizontal.

A, B, sont deux fortes pièces de bois, qu'on peut serrer au moyen de deux forts boulons *b*, *b*, contre la gorge *a*; dans ces deux pièces sont découpés deux demi-cylindres *c*, *c*, dont les surfaces enveloppent celle de la gorge; elles sont garnies de forte tôle, pour pouvoir résister au frottement qu'elles sont destinées à supporter. Au bout de la longue pièce B sont attachés des poids D, et un indicateur I, qui sert à marquer, sur un quart de cercle gradué VH, qu'on a tracé sur le mur, la position que prend le frein par l'effet du frottement.

Il est clair que si, tandis que l'arbre *a* tourne dans le sens de la flèche, on ferme les boulons *b*, *b*, le frein, ayant été fait assez long pour ne pas pouvoir atteindre jusqu'à la position horizontale, montera d'un certain angle, et se maintiendra dans une position oblique, telle que celle qui est représentée par la figure; nous allons faire voir comment cette position et la vitesse de l'arbre peuvent faire connaître la force développée par le moteur.

Avant de mettre le frein en place, il faut d'abord le peser avec tous ses poids, ses boulons, etc., et je désignerai par P son poids en kilogrammes. On pose ensuite le frein complet en équilibre sur une pièce de fer angulaire, pour trouver son centre de gravité, et soit G ce point ainsi déterminé, on mesure alors avec exactitude la distance G O du centre de gravité au centre de rotation, et je désignerai par R cette lon-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gueur exprimée en mètres. Cela fait, on pose le frein sur l'arbre *a*, en le laissant d'abord libre, pour que le centre de gravité G se trouve en G' sur la verticale passant par le centre de rotation, et on règle l'indicateur I, de manière à ce qu'il se trouve alors en V à l'origine du quart de cercle gradué.

Pour faire l'épreuve de la force d'une machine à vapeur, on fait d'abord tourner la machine pendant quelque temps, en retenant le frein avec une corde, et sans faire aucune observation, pour que le frottement égalise les tôles *c*, puis on la met en train, en la faisant marcher avec sa vitesse ordinaire, au moyen du robinet d'introduction de la vapeur, que d'abord on ouvre peu. On serre ensuite peu à peu les boulons *b*, *b*, en même temps qu'on ouvre davantage le robinet. Le frottement fait tenir le frein dans une position inclinée, et lorsque le robinet étant entièrement ouvert, la machine a depuis quelques minutes la vitesse régulière, en vertu de laquelle son grand piston parcourt environ 1 mètre par seconde, on commence les observations qui se font de la manière suivante :

Tandis qu' une personne compte les nombres de tours que fait l'arbre *a* par chaque minute, une autre observe l'angle marqué sur le quart de cercle gradué par l'indicateur I. Elle fait serrer les boulons, de manière à ce qu'il reste toujours à peu près au même point, et elle observe à quel angle correspond, sur le quart de cercle, le milieu des petites oscillations de l'indicateur. Cet angle sera ici désigné par *a*.

Il est essentiel que la machine ait la même vitesse au commencement et à la fin de l'observation; il serait nécessaire sans cela d'avoir égard à la force d'inertie du volant. Faute d'avoir fait cette remarque, plusieurs essais de machines à vapeur ont indiqué une force beaucoup trop grande, parce que le mécanicien, qui ordinairement serre les boulons du frein, a soin de le faire à l'instant où la machine marche très-vite; la vitesse diminue alors graduellement, et la force d'i-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nertie du volant s'ajoute à la force du moteur, et produit quelquefois plus d'effet que lui.

Par notre disposition, lorsque le frottement augmente accidentellement, le frein monte, et produit une résistance croissante, de sorte qne l'équilibre est bientôt rétabli : lorsque le frottement diminue, le frein baisse, et l'équilibre se rétablit de la même manière. Ainsi, avec notre frein, on obtient un équilibre stable, ce qui n'a pas lieu avec celui *de Prony*, puisque lorsque le frottement augmente, ce frein en montant devient oblique, d'horizontal qu'il était, et produit ainsi une résistance décroissante.

Notre frein a encore, sur celui *de Prony* l'avantage de ne faire que de très-petites oscillations; lors qu'il a 30° d'obliquité, la vitesse des oscillations y est moitié moindre que s'il était horizontal, et pour peu qu'on le maintienne, il n'y aura pas d'oscillations sensibles. J'ai maintenu facilement pendant six minutes, au même degré, le frein d'une machine de 50 chevaux.

Suivant la propriété des centres de gravité, le frein peut être consideré comme composé de tiges solides immatérielles, pourvu qu'on regarde tout son poids comme concentré à son centre de gravité G; par ce point menons la verticale G g qui rencontre en g l'horizontale menée par le centre o, et remarquons qu'on peut considérer le frottement qui a lieu contre la gorge a, comme s'exerçant sur une gorge fictive $g'g'$, pourvu que la somme des momens de tous les frottemens reste la même. Dans cette supposition tous les frottemens seraient des forces tangentes à la circonférence $g'g'$, qui pourraient être composées en une seule égale à leur somme, et dirigée suivant la tangente verticale g G. Observons que toutes les forces du système se trouvent maintenant réduites à deux, avoir : la résultante de tous les frottemens sur la gorge fictive $g'g'$, et le poids du frein complet, qui est dirigé suivant la même droite, et que comme elles sont en équilibre, elles sont égales et directement opposées, et enfin, comme ces frottemens s'exerceraient avec la vitesse qu'a la circonférence

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

$g'g'$; les frottemens sur la gorge a produisent la même résistance que si la machine montait au moyen d'une corde s'enroulant sur la gorge $g'g'$ comme sur un treuil, un poids P, égal à celui du frein complet.

La quantité d'action produite par le moteur dans un certain temps est donc capable de faire monter le poids P du frein à une hauteur égale à l'espace qui serait parcouru pendant le même temps par le point g, s'il était entraîné par le mouvement de rotation de l'axe o.

Désignons maintenant par ω le rapport de la circonférence au diamètre. Il est clair :

1° Que $Og = R. \sin. A.$

2° Que la circonférence du treuil fictif $g'g' = 2\ \omega\ R. \sin. a.$

3° Que $2\ \omega\ R.\ v. \sin. a$ est l'espace que parcourrait le point g par seconde, s'il était entraîné par le mouvement de l'axe o.

4° Que $\frac{2\ \omega\ R.\ v.\ P.\ \sin. a}{60}$ exprime le nombre de kilogrammes que la machine pourrait élever par seconde à la hauteur d'un mètre, si le frottement du frein n'existait pas.

5° Que comme, suivant l'usage de la plupart des mécaniciens, on entend par force d'un cheval, celle qui est capable d'élever par chaque seconde 80 kilogrammes à un mètre de hauteur, la force développée par le moteur pendant l'expérience, et transmise à l'arbre $aaaa$, sera

$$\frac{2\ \omega\ v.\ R.\ \sin. a}{60\ .\ 80} = 0{,}0013089969.\ v.\ R.\ P \sin. a,$$

formule à laquelle s'applique très-commodément le calcul *logarithmique*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DESCRIPTION

D'un outil pour faire des cannelures demi-circulaires dans des cylindres de fonte ; par M. FERRY fils.

Pour fabriquer des fers ronds, le meilleur procédé, et en même temps le plus expéditif, est de faire passer les barres entre deux cylindres ayant chacun une cannelure demi-circulaire. Ces cannelures se font sur le tour au moyen d'un ciseau représenté par la fig. 7, pl. 1re. Mais outre que cette forme d'outil est difficile à exécuter et exige beaucoup de précision de la part de l'ouvrier, il faut encore apporter beaucoup de soins en l'ajustant, pour que la figure et les dimensions du tranchant soient fidèlement conservées. On voit donc qu'il faut avoir autant de ciseaux que de calibres de cannelures ; ce qui est toujours dispendieux, quoiqu'on n'y mette en acier que ce qu'il faut pour le tranchant.

On a remplacé ces outils en Angleterre et en France, au moyen d'un procédé fort simple et fort ingénieux. On fait, dans un morceau de fer, dont l'équarrissage doit être plus grand que le diamètre de la cannelure, une entaille demi-circulaire, comme l'indique les fig. 5 et 6. Dans cette espèce de niche on place des cylindres en acier tournés suivant le diamètre dont on a besoin, et trempés. Leur base supérieure, qui est affûtée, sert à faire les cannelures dans le cylindre de fonte. De cette manière on est sûr d'abord de donner au tranchant une forme parfaitement circulaire, et que le service n'altérera pas ; on évite la soudure du fer avec l'acier et on se débarrasse de toutes les difficultés de l'affûtage, car il est évident que de quelque manière que les petit cylindres d'acier soient affûtés, ils feront également bien leur service, et qu'ils ne peuvent creuser qu'une cannelure égale à leur diamètre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ainsi, point de soudure du fer contre l'acier, emploi beaucoup plus durable des petits cylindres, et par conséquent moindre consommation d'acier, point de temps à perdre pour affûter, et de plus, exactitude du travail, voilà plus d'avantages qu'il n'en faut pour recommander ce procédé.

On voit, fig. 5, la position de l'appareil appliqué au cylindre à canneler.

RAPPORT

Fait à la société de Mulhausen par M. Jos. Kœcklin, sur un mémoire de M. Ach. Penot, relatif à la manière de déterminer les dimensions d'une cheminée (1).

J'ai à vous rendre compte de l'examen qu'a dû faire votre comité de mécanique du mémoire de M. Penot, traitant des dimensions les plus convenables à donner aux cheminées.

L'étendue que l'auteur a donnée à son travail, et la nature même de la matière, qui ne touche qu'en quelques points la science de la mécanique, les résultats extraordinaires, enfin, qui y sont annexés, ont rendu difficile la tâche que vous nous avez imposée, et nous devons réclamer votre indulgence, si notre travail ne répond pas entièrement à votre attente et ne donne pas de solutions positives aux questions importantes qui y sont agitées.

Le mémoire de M. Penot est divisé en trois paragraphes : le premier traite des cheminées destinées aux foyers, le second de celles employées dans l'assainissement, et le troisième enfin est consacré aux cheminées appliquées au séchage.

---

(1) Nous ne donnons pas le mémoire de M. Penot, à cause des détails et des calculs nombreux qu'il présente. Le rapport de M. Kœchlin offre d'ailleurs beaucoup plus d'intérêt pour nos lecteurs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le premier paragraphe, renfermant la démonstration de la formule qui sert de base à tous les calculs, est celui qu'il importait le plus d'examiner; nous nous étendrons donc peu sur les autres et nous nous bornerons à y faire quelques remarques générales.

Pour procéder avec quelque ordre, nous ferons d'abord des observations partielles sur tous les faits qui nous en paraîtront susceptibles et dans l'ordre où ils se trouvent dans le mémoire, ensuite nous tâcherons d'en déduire des conclusions générales, et nous décrirons l'expérience que nous avons faite avec une dimension de cheminées proposées par l'auteur.

M. Penot, dès le début, nous paraît tomber dans une erreur qu'il a de commun avec presque tous les auteurs qui ont écrit sur cette matière; il insiste beaucoup plus qu'il n'est nécessaire sur l'inconvénient de donner beaucoup de puissance à la cheminée.

Nous prouverons plus loin que le défaut de faire la cheminée trop grande est très- peu à craindre pour l'économie du combustible; qu'il n'y a que la construction qui coûte plus cher; mais cette dépense, une fois faite, il est certainement très-utile de pouvoir disposer, dans l'occurence, d'une force plus grande que celle que l'on voulait d'abord employer. Nous croyons donc devoir assurer provisoirement que dans l'incertitude où l'on est pour pouvoir proportionner les cheminées à une consommation de houille donnée, on risque bien moins, ou presque rien, de pécher par le trop, tandis que le trop peu a de graves inconvéniens.

L'explication qui est donnée dans le mémoire de l'ascension de l'air chaud, ne nous paraît pas aussi explicite, ni aussi détaillée que celle que nous trouvons dans l'ouvrage de M. Péclet. Le théorême de la vitesse accélérée, chose qu'il était le plus essentiel d'exposer d'une manière aussi claire que possible, n'est qu'indiqué.

Il importait d'autant plus de s'étendre sur le théorême, que l'application qu'en fait M. Penot au tirage, diffère sensiblement de la méthode suivie jusqu'à ce jour par tous les auteurs,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à l'exception de M. Péclet. Voici en quoi consiste la différence: soit, par exemple, une cheminée haute de cent pieds et la différence de température de l'intérieur avec l'extérieur = 500°, les anciens auteurs, pour trouver la hauteur génératrice, réduisent la colonne d'air intérieur à la densité de l'air extérieur.

Les volumes de l'air à 500° et de l'air à 0° étant comme $500 + 1 \times 0{,}00375 = 1$ à 2,87, la hauteur de la colonne intérieure sera donc

$$2{,}875 : 1 :: 100 : x = 34{,}7.$$

La hauteur génératrice du tirage sera

$$100 - 34{,}7 = 65\text{, }3 \text{ pieds.}$$

La vitesse théorique de l'air qu'on déduit de cette hauteur sera :

$$= \sqrt{61 \times 65{,}3} = 63\text{, }1 \text{ pieds par seconde.}$$

D'après M. Péclet, ceci ne ferait que la vitesse qu'acquerrait l'air à zéro, et il faut procéder autrement : pour avoir la vitesse de l'air à 500°, il trouve la hauteur génératrice en superposant sur la colonne intérieure une hauteur additionnelle, capable de donner à cette colonne le même poids que l'air extérieur. Dans ce cas, il restera la même proportion entre les deux colonnes, et on aura : $1 : 2\text{, }87 :: 100 : x = 287$. La hauteur de la colonne intérieure ainsi superposée deviendra donc 287, la différencé avec la colonne extérieure $= 287 - 100 = 187$, qui sera la hauteur génératrice. Or, cette hauteur donne une vitesse théorique de $\sqrt{61 \times 187} = 106{,}8$ pieds par seconde.

Voilà donc seulement pour le calcul de la vitesse, que tout le monde croyait à l'abri de toute discussion, une différence de 44 pieds par seconde. Nous ne voulons pas contester les motifs qui ont déterminé M. Péclet à adopter cette évaluation de la hauteur génératrice; nous n'entrerons donc pas plus avant dans cette matière, et nous ferons seulement remarquer

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'il aurait peut-être été convenable de trouver reproduits, dans le mémoire de M. Penot, les raisonnemens sur lesquels cette nouvelle théorie a été établie.

L'auteur arrive à la formule pour la vitesse théorique; elle ne diffère en rien de celle donnée par M. Péclet. Il en est de même de la différence que produit dans la formule la différence de densité des deux colonnes; le chiffre de M. Péclet, jusqu'au millième près, est adopté.

L'auteur dit, pour établir cette différence de densité, « qu'un grand nombre d'analyses faites sur l'air qui sort des « cheminées, ont indiqué qu'une moitié seulement de cet air « avait servi à la combustion. »

Ces analyses nombreuses ont été faites par M. Péclet. Voici les propres paroles de cet auteur, p. 298 et 299, tome 1^er^. Après avoir donné dans un tableau les quantités d'air nécessaires à la combustion des différens combustibles, il dit :

« Mais les quantités d'air réellement employées dans les ap-
» pareils ordinaires de combustion, sont beaucoup plus grandes
» que celles qui sont rigoureusement nécessaires. En effet, les
» quantités d'air employées dépendent non-seulement de la
» disposition des foyers, mais dans chaque appareil elles dé-
» pendent encore de la nature du combustible, de la grosseur
» des morceaux, de leur arrangement dans le foyer et de l'é-
» paisseur de la couche de combustible que l'air est obligé de
» traverser. *On conçoit facilement d'après cela combien la*
» *quantité d'air employée doit varier.* Cependant il est né-
» cessaire d'avoir au moins une approximation sur laquelle,
» on puisse se baser. D'après un grand nombre d'analyses de
» l'air pris à l'issue des cheminées des foyers alimentés réguliè-
» rement par la houille, j'ai reconnu que la quantité d'air qui
» échappe ordinairement à la combustion est à peu près égale
» à la moitié de la quantité totale, et seulement 1/3 et 1/4,
» quand le tirage est très-fort. » Nous n'avons pas parlé de l'air dans la citation; nous avons seulement voulu montrer que la quantité d'air non brûlé n'est pas déterminée aussi positivement que semble l'entendre l'auteur, et que, comme

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tous ses calculs sont appliqués à des tirages forts, puisqu'il adopte toujours une température de 500 à 600°, il aurait peut-être convenu d'adopter le chiffre du 173 ou 174. Il est à regretter aussi que les détails intéressans qui modifient les quantités d'air brûlées, n'aient pu trouver place dans le mémoire.

M. Penot fait entrer ensuite dans sa formule l'effet du frottement de l'air, suivant la théorie de M. d'Aubuisson, déduite d'expériences nombreuses. Sans doute, on ne peut contester l'exactitude de cette théorie pour les limites dans lesquelles les expériences ont eu lieu; mais n'est-il peut-être pas trop hasardé de l'élever en axiome, et de pousser son application jusqu'aux extrêmes et jusqu'à l'infini? Nous avons des doutes à cet égard, et ces doutes n'ont été que fortifiés par la lecture du mémoire de M. d'Aubuisson.

M. Péclet, ainsi qu'il est dit dans le mémoire, a appliqué cette théorie au mouvement de l'air chaud dans les cheminées, et il a fait de nombreuses expériences pour trouver les coefficiens dont on devait affecter la formule du frottement: les résultats qu'il a obtenus sont assez singuliers et en contradiction avec l'idée qu'on avait jusqu'ici du frottement de l'air par analogie avec celui de l'eau.

M. Péclet a opéré avec des cheminées en poterie, en tôle et en fonte. Si, pour les premières, le coefficient est de 5, il est pour les secondes de 2 et pour les dernières de 1 seulement, de manière que le frottement, dans les cheminées en poterie (qui sont assimilées par l'auteur à celles des briques), est cinq fois aussi grand que dans celles en fonte de fer.

Comme ces résultats, tout extraordinaires qu'ils paraissent, sont établis sur des expériences nombreuses et exactes, il serait peu convenable, sans doute, de vouloir les attaquer sans leur opposer d'autres expériences; aussi nous n'insisterons pas sur ce que nous avons à dire à ce sujet sur les proportions de quantités de frottemens pour les diverses manières dont les cheminées sont construites; mais nous observerons que le coefficient pour une même et seule matière, par exemple pour la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

poterie ou la brique, doit varier suivant la nature du combustible et la différence de l'enduit qui en résulte pour les parois des conduits de cheminées.

M. Penot dans une note dit : « Le coefficient du frottement » doit varier avec la température et les dimensions de la chemi- » née; aussi, parmi les données de M. Péclet, j'ai pris celles qui » se rapprochent le plus de ce qu'on a dans la pratique. » Il exprime une opinion conforme à ce que nous venons de dire; aussi a-t-il changé le coefficient de M. Péclet, qui pour les briques est de 0,0127,
en celui de 0,0112,
sans cependant avoir bien donné les raisons de cette altération, qui n'existe que pour les cheminées en poterie ou en briques.

M. Péclet, dans ses expériences sur le frottement, n'a brûlé d'autre combustible que du charbon de bois, qui, comme on sait, ne donne ni fumée, ni suie; il en est tout autrement dans nos grands appareils pyrotechniques, presque tous chauffés à la houille, dont la fumée tapisse bientôt d'une couche plus ou moins épaisse de suie, les parois de la cheminée : c'est donc sur une surface de suie que se fait le frottement; il doit en résulter de grandes modifications pour le coefficient du frottement, qui, comme on a vu, est si variable pour les différentes matières employées.

M. Penot établit ensuite sa formule définitive, et sur laquelle sont basés tous les calculs sur la dimension des cheminées. Cette formule paraît au premier abord, plus générale et autre que celle indiquée par M. Péclet; cependant les mêmes élémens, les mêmes raisonnemens les composent l'une et l'autre; il ne doit y avoir de différence que dans la forme et point dans les résultats : c'est ce qui a effectivement lieu, puisque nous avons refait d'après les formules de M. Péclet, tous les calculs de cheminée contenus dans le mémoire de M. Penot; nous avons toujours obtenu sensiblement le même résultat, même dans les dimensions extraordinaires que l'auteur propose, page 136.

Nous devons dire, cependant, que la plus grande simpli-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cité à laquelle M. Penot a amené la formule, l'a sans doute conduit à y reconnaître cette propriété singulière, que la meilleure proportion de la hauteur à la largeur est l'infini de cette dernière dimension.

Nous considérons l'énoncé de cette propriété appartenant exclusivement à l'esprit laborieux et investigateur de notre honorable collègue, comme le fait le plus nouveau et le plus important de son travail. Cette proposition singulière est cependant en contradiction manifeste avec tout ce que depuis des siècles l'expérience a enseigné à l'homme industriel, comment ne pas s'étonner qu'une chose aussi simple ait échappé aux constructeurs des nombreuses usines à feu de l'Angleterre! On aurait donc dépensé des sommes de 5 à 6000 francs pour des grandes cheminées, tandis qu'on pouvait produire le même effet avec une somme minime de 30 à 40 francs.

Ces considérations, et notre conviction, nous portaient à douter de ce qu'avait avancé M. Penot; cependant, sa formule identique, pour le fond, avec celle de M. Péclet, ayant été déduite d'expériences, il n'était guère possible d'attaquer cette proposition par le seul raisonnement; il nous parut donc le plus sûr de construire une cheminée sur les dimensions adoptées par l'auteur (page 136), et d'en éprouver les effets par l'expérience.

Nous allons décrire en détail ce que nous avons fait : La cheminée a été établie à côté de celle de la filature de M. Schlumberger-Grosjean et compagnie, faisant marcher la chaudière de leur machine à vapeur de vingt chevaux.

L'appareil total consiste en trois chaudières en fonte à haute pression, munies chacune de deux bouilleurs; une seule travaille en été, une seconde sert en hiver, et la troisième est de rechange en cas d'accident. On a fait entrer le prolongement des carneaux dans la nouvelle cheminée; l'on a fermé l'issue dans l'ancienne. La chaudière choisie est celle qui a, à beaucoup près, le meilleur tirage. La longueur du carneau, depuis la chaudière, restait, à peu de chose près, la même,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ainsi que la grille, les carneaux, etc., comme quand on travaille avec la cheminée, de 36 mètres de haut.

On a donné une section carrée à la cheminée, et on l'a construite en briques. Les dimensions étaient :

Hauteur au-dessus de la grille.	$1^{m},4391$.
Idem au-dessus de la surface inférieure du carneau.	1, 2700.
Idem de terre.	2, 1114.
Idem au-dessus du milieu du carneau. .	0, 9948.
Idem du carneau entrant dans la cheminée.	0, 6496.
Largeur.	0, 5142.

La partie inférieure de l'ouverture du carneau, là où on pouvait en disposer pour y faire communiquer la nouvelle cheminée, était élevée au-dessus de la grille de $0^{m},1691$; on n'a pas cru devoir tenir compte de cette hauteur, quoiqu'elle ait dû concourir à augmenter l'effet du tirage, et on a élevé d'abord la cheminée à $1^{m},27$, à commencer de cette partie inférieure du carneau.

On commença le feu à quatre heures du matin; le chauffeur de l'établissement, ayant une expérience de cinq années, fut chargé de ce soin. On eut bien de la peine à allumer le combustible, quoique ne brûlant d'abord que du bois; ce n'est qu'après trois heures que la houille commençait à brûler, et qu'on put cesser de mettre du bois.

La combustion restait extrêmement languissante; une fumée noire et très-épaisse sortait de la cheminée. La température, à l'entrée du carneau, n'était que de 70 à 80°, la moyenne de 60°; le siphon de M. Edouard Schwartz n'indiquait qu'une différence de niveau de demi-ligne.

Tous les moyens ordinairement pratiqués pour activer le feu furent mis en usage; cependant, lorsqu'à huit heures, après un travail pénible de quatre heures, la combustion n'était pas devenue plus active, et l'eau de la chaudière étant à peine chaude, nous désespérâmes d'arriver à la faire bouil-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lir, ce qui cependant était nécessaire pour mesurer l'effet de notre appareil.

Pour ne pas manquer l'expérience, nous nous décidâmes donc à rehausser la cheminée de trois largeurs de briques, ce qui porta son élévation à :

Hauteur au-dessus de la grille.	$1^m,8135$.
Idem de la surface inférieure du carneau.	1, 6444.
Idem de terre.	2, 4362.
Idem du milieu du carneau.	1, 3196.

On voit que cette dernière dimension est sensiblement la même que celle indiquée dans le mémoire (page 136), qui est $1^m,27$.

On continua toujours de chauffer pendant le travail des maçons, qui eurent du reste fini après un quart-d'heure de travail : vers neuf heures l'eau commença à bouillir, alors on arrêta le feu, on laissa refroidir la chaudière jusqu'à la cessation du bouillon, on mesura la hauteur de l'eau qui y était contenue, et après avoir pesé le charbon, on recommença de chauffer. Pour permettre une libre évaporation, on ouvrit entièrement le trou d'homme.

L'ébullition continua pendant deux heures; la quantité d'eau évaporée pendant ce temps a été de 190 kilogrammes; le charbon brûlé, de 90 kilogrammes.

Nous devons faire observer que c'était de la houille de Ronchamps, donnant 15 pour cent de cendres, la même qui a été employée dans les expériences que cite M. Penot.

La quantité d'eau a été mesurée d'abord par la diminution de hauteur dans la chaudière, et ensuite par une même diminution de hauteur d'un réservoir d'eau, lequel a servi à ramener l'eau de la chaudière à sa hauteur primitive : il ne peut donc y avoir de contestations là-dessus.

Pendant les deux heures d'ébullition, nous ne cessâmes d'observer la température de l'air dans la cheminée; cette température était extrêmement irrégulière, variait d'un instant à l'autre de 20 à 30°, et ne s'éleva pas, tant que les 90 kilo-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grammes de houille ne furent pas entièrement convertis en coak, au-dessus de 125° dans le carneau, et de 90° température moyenne. On observa que, chaque fois qu'on mettait du charbon frais, il y avait refroidissement dans la cheminée, même long-temps après la fermeture de la porte, de 25 à 30°, et à mesure que la fumée devenait moins épaisse, la température augmentait; aussi sur la fin de l'expérience, il n'y avait plus que du coak sur la grille, et qu'il ne se montrait aucune trace de fumée, le pyromètre que nous fûmes obligés d'employer (notre thermomètre n'allant que jusqu'à 130°), indiqua 140 à 150° dans le carneau, et le thermomètre 125°, température moyenne. Durant tout le temps qu'on chargeait de la houille, il sortait une fumée épaisse de la cheminée; fumée qui ne cessa pas, comme cela arrive ordinairement, quelques instans après la charge. Le feu resta toujours languissant; les parties volatiles du charbon ne se brûlaient pas, mais se résolvaient en une fumée épaise; le coak se consumait d'une manière extrêmement lente, et dans les derniers trois quarts-d'heure, où l'on ne chargeait plus de houille fraîche, on voyait à peine diminuer les morceaux de coak sur la grille, quoique alors le tirage, par la température plus élevée de la cheminée, fût plus fort.

La plus grande différence de niveau dans les siphons a été de trois quarts de ligne; la chaudière sur laquelle l'expérience a été faite est capable, avec le tirage ordinaire, de vaporiser 830 kilogrammes d'eau par heure.

Avec la cheminée essayée, elle n'a évaporé, dans le même temps, que 95 kilogrammes, ou à peu près le neuvième de son effet.

Pour vaporiser les 830 kilogrammes par heure, il faut, suivant des expérience souvent répétées et citées dans votre bulletin, 1 kilog. de houille pour 5 kilog. d'eau réduite en vapeur. Dans l'essai, il a fallu 43 kilog. de houille pour vaporiser 65 kilog. d'eau; donc 1 kilog. de houille n'a produit que 2 kilog, de vapeur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il y a donc perte énorme de combustible, et on n'obtient que le neuvième de l'effet dans le même temps.

Les résultats que nous venons de vous annoncer ne nous ont pas étonnés; ils sont d'accord avec l'expérience, et nous en étions assurés d'avance; si cependant on nous demande pourquoi, dans une chose aussi généralement reconnue nous avons également, pour combattre des erreurs, eu recours à l'expérience, nous répondrons : que des essais positifs et directs parlent bien plus efficacement au plus grand nombre des praticiens, que les raisonnemens les mieux établis et les théories les plus claires. Cependant nous nous proposons, dans ce que nous allons encore vous dire, de nous servir de ces derniers moyens, pour tâcher d'expliquer les raisons de cette différence de l'expérience avec la théorie.

Nous avons déjà dit que la formule du mémoire en question est identique, quant au fond, avec celle de M. Péclet. Si donc nous avons mis en doute quelques élémens de cette formule; nous avons été en opposition autant avec M. Penot qu'avec M. Péclet. Notre principale objection, qui nous reste à exposer, n'attaquant pas le fond de la formule, mais bien son application, qui nous paraît vicieuse, s'adresse à l'auteur du mémoire seul.

Dans la formule il y a deux choses qui tendent à augmenter rapidement la quantité de frottement avec le retrécissement du diamètre des cheminées, ce sont les deux rapports du frottement, comme le carré de la vitesse, et inverse comme les diamètres. Or, ces conditions n'ont plus seulement lieu pour la partie verticale du conduit, ou la cheminée proprement dite, mais bien aussi pour toutes les sections de la conduite, depuis celle du cendrier. Il faudrait donc, pour que l'application de la formule fut exacte, que l'ouverture réelle de la grille, ou les interstices que la couche de houille laisse libres pour le passage de l'air, et celle des carneaux ne fut pas moindre que le diamètre qu'on donne à la cheminée.

A l'appui de cela nous rapportons un passage de M. Péclet,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

page 246, faisant partie de la description qu'il donne de l'appareil qui lui a servi aux expériences du frottement.

« Toutes les cheminées ont été successivement construites » sur un seul et même fourneau. Cette précaution était né- » cessaire pour que les appareils ne différassent que par la » cheminée. La flamme, l'air chaud ou la fumée se rendaient » directement dans la cheminée, afin que le mouvement ne » fût point gêné par un trajet autour d'une chaudière, et que » l'espace parcouru fût seulement la hauteur de la cheminée. » *J'avais donné à la grille de très-grandes dimensions rela-* » *tivement au diamètre de la plus grande cheminée, afin que* » *le combustible ne couvrant pas la totalité de sa surface,* » *l'air pût facilement s'introduire, et que le courant ne fût* » *pas retardé par son passage à travers les interstices du com-* » *bustible : l'ouverture du cendrier avait des dimensions qui* » *excédaient celles de la plus grande cheminée.* »

On voit que l'auteur, dans ces expériences, ne voulant connaître que le frottement de l'air chaud, n'a pas eu égard à l'économie du combustible; peu lui importait qu'il passât plus d'air dans la cheminée qu'il n'était nécessaire à la combustion, puisque, connaissant exactement la température de cet air, il lui était facile d'en déduire la vitesse.

Il en est autrement dans la pratique : le foyer doit impérieusement être entièrement recouvert de charbon; mais voyons ce qu'il arriverait, si, pour pouvoir appliquer la formule, on devait construire la grille de manière que les interstices entre le charbon, qui laissent passage libre à l'air, formassent en somme une section aussi grande que celle de la cheminée.

Supposons que la somme de ces interstices ne laisse de passage libre, la grille étant chargée, que le cinquième qu'aurait la grille sans charge, on ne trouvera pas cette estimation exagérée, si l'on considère combien, dans un travail continu, les matières terreuses encrassent facilement la grille, et combien la capillarité des ouvertures que laisse le charbon même,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'on emploie toujours en grande quantité, doit faire éprouver de résistance à l'air.

Supposons encore pour un moment que l'excès de température soit, avec cette grille, réellement de 560° dans la cheminée, nous prouverons plus tard qu'il ne pourra pas en être ainsi.

La cheminée du calcul (page 136), celle que nous avons essayée a 0,935 de côté, ce qui donne une surface carrée en lignes de 171777.

Le passage libre n'étant que le cinquième, il faudra multiplier cette surface par 5, ce qui donnera 858,885 lignes carrées.

Comme c'est de l'air à 0° que nous supposons passer à travers la grille, et que celui de la cheminée est supposé à 560°, il faudra diminuer la surface libre de la grille en raison de la plus grande densité de l'air froid.

Mais l'air froid passant à travers une couche de houille de 4 à 5 pouces d'épaisseur, houille qui est à une température de 1800 à 2000°, une grande partie de cet air froid n'arrivera pas aux fragmens supérieurs du combustible sans avoir acquis une plus haute température que celle primitive de la surface. D'ailleurs l'air brulé, qui se développe au-dessous de la couche supérieure de la houille, aura aussi à traverser une certaine longueur des interstices souvent capillaires : nous croyons pouvoir admettre à l'air qui traverse la couche de houille une température moyenne de 280°.

L'excédent dans la cheminée sera alors de 280°, et les densités de ces deux airs seront comme :

$$1 : 1 + 280 \times 0{,}00375 = 1 : 2{,}05.$$

Il faudra donc diviser la surface libre trouvée ci-dessus par 2,05, ce qui donnera 418,968 lignes carrées. Le constructeur des chaudières avec lesquelles l'essai a été fait, avait fourni une grille de 3 pieds anglais de long.

M. Schlumberger-Grosjean et compagnie ont augmenté de-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

puis cette longueur, et l'ont portée à 42 pouces, mesure française : ils ont trouvé cette longueur très-convenable ; mais augmentons encore d'un pied, et mettons-la à 4 pieds 1/2 ou 648 lignes, en divisant avec ce nombre la surface libre totale $\frac{418960}{648} = 646,5$ sera la longueur totale des interstices entre les barreaux.

M. Péclet conseille de faire les espaces entre les barreaux de la grille d'un centimètre ou 4 lignes 1/2 ; ceux de la chaudière qui a servi à l'essai ont 5 lignes, adoptons cette dernière mesure, il y aura $\frac{646,5}{5} = 129,3$ barreaux, ou comme sur les deux côtés les barreaux touchent les parois, 130 barreaux, chacun ayant deux pouces ; la largeur totale de la grille serait (260 pouces) ou 21 pieds 8 pouces.

On conçoit qu'avec une telle dimension de grille, on brulerait le combustible le moins économiquement possible ; la chaudière n'ayant que trois pieds de diamètre, la grille ne peut avoir beaucoup plus, si on veut éviter que la flamme se trouvant en dehors de la largeur de la chaudière, et qui agit verticalement, n'aille frapper inutilement les parois du fourneau ; mais outre qu'une grande partie de la houille serait consommée en pure perte, n'y aurait-il point d'activité dans la combustion, point d'intensité dans le feu? la température du foyer ne s'élèverait-elle pas, à beaucoup près, à 2,000°, et par suite celle de l'air de la cheminée ne serait plus de 560°.

Tout le monde est d'accord là-dessus, que, pour faire profiter le mieux le combustible, surtout la houille, et faire agir le plus efficacement possible le feu sur les chaudières qu'on leur expose, il faut une combustion vive.

Je citerai à cet égard un passage d'un rapport de votre comité de chimie, bulletin n° 2, page 79.

« Les combustibles ne donnent un produit avantageux » qu'autant que la combustion se fait très-vivement, etc. »

Un autre passage d'un mémoire de M. Edouard Kœchlin,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur lequel le susdit rapport avait été fait, dit, page 69, bulletin n° 2 :

« Les combustibles ne peuvent être employés avec avantage » qu'autant que la combustion se fait vivement, et qu'elle » produit une chaleur très-considérable dans une grande partie des carneaux, pour que la surface de la chaudière soit » exposée à un degré de chaleur très-élevé. Un courant très-» fort est donc nécessaire dans les carneaux, et même dans le » foyer. »

Mais qu'est-ce qui produit cette vive combustion et cette haute température? ce ne peut être seulement la quantité d'air affluant, puisque sur une très-grande grille on pourrait brûler beaucoup de houille sans produire une température très-élevée; mais c'est bien la grande vitesse de cet air, ou son affluence sur un seul point. Que fait le forgeron, pour donner un exemple bien palpable, pour avoir un degré de chaleur capable d'amollir le fer? il rétrécit l'ouverture du soufflet, pour diriger une graude quantité d'air sur un très-petit espace.

M. Péclet, en parlant des grilles, page 152, tom. 2, dit : « *Les petites grilles ont d'autres avantages, qui sont quelque-» fois importans; la vitesse de l'air y est bien plus grande, » la combustion plus active, plus parfaite, et la quantité d'air » qui échappe à la combustion y est beaucoup plus petite que » dans les grandes grilles, etc.* »

La grille que nous avons employée dans l'expérience citée, est aussi grande qu'on a pu raisonnablement la faire; elle est même proportionnellement plus grande que celle qui est employée dans l'expérience de M. Edouard Kœchlin, bulletin n° 2, p. 68, expérience qui a donné les résultats les plus avantageux pour l'utilisation du combustible, et dont l'auteur considère avec raison la grille d'une dimension extraordinaire, au-dessus de tout ce qu'ont indiqué les constructeurs anglais, Tredgold, le dictionnaire technologique, et même M. Péclet.

La grille employée dans notre expérience a 2,25 pieds carrés de passage libre, et la chaudière était capable d'une vaporisation de 1840 kilogrammes d'eau par heure. Or, d'après le pouvoir

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des chaudières et la surface de notre chaudière, l'espace libre de celle de M. Kœchlin aurait dû être de

$$830 : 1840 :: 2{,}25 : x = 5 \text{ pieds carrés.}$$

Il résulte de ce que nous venons de dire, qu'avec la grille de 21 pieds de largeur, telle qu'il la faudrait pour que la formule fût bien appliquée, on obtiendrait dans la cheminée une température bien au-dessus de 560° d'excès sur l'air extérieur. Le tirage serait donc de beaucoup diminué, et il faudrait donner encore plus de largeur à la cheminée et à la grille, pour obtenir assez d'air sur celle-ci.

Ce qui doit surprendre dans les divers exemples que M. Penot a soumis à sa formule, c'est qu'il ait toujours présupposé gratuitement ces hautes températures de 500 à 600°, qui cependant ne peuvent être que le résultat d'une grande vitesse de l'air affluant au foyer.

Cette supposition de haute température a sans doute beaucoup contribué à conduire aux résultats erronés, page 136; puisqu'on conçoit qu'à côté d'un nombre de 5 à 600 le chiffre de la hauteur génératrice devient bien peu de chose.

Comme l'auteur a considéré l'action des cheminées isolément, sans avoir aucun égard à l'économie du combustible, aux dimensions positives et limitées qu'on est obligé de donner aux chaudières et fourneaux, et, enfin, au résultat positif aussi qu'on attend des appareils, il est assez concevable que sa formule conduise à l'infini pour le diamètre. Mais qu'est alors cet infini? C'est un feu sans carneaux, sans fourneaux, sans cheminée, sans aucune grille inclinée; c'est donc du charbon brûlé dans l'air libre. Or, on sait qu'il est facile de brûler des quantités immenses de houille dans l'air, mais il n'y aura dans une pareille combustion qu'un très-petit effet utile.

Nous avons dit au commencement du rapport, que nous ne craindrions pas pour l'économie du combustible de faire les cheminées trop grandes; ce que nous avons dit jusqu'ici ex-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plique assez notre pensée : quand il arrive qu'une cheminée est trop grande, on doit fermer davantage le registre, et ce qui est encore plus avantageux, c'est de diminuer la surface de la grille ou de rétrécir les espaces vides. Par ce moyen, comme l'observe très-bien M. Péclet, page 152, tome 2, on obtient, par la plus grande vitesse de l'air qui arrive au foyer, une combustion plus active, et l'effet du charbon devient plus grand.

M. Penot, pages 136 et 137, semble croire que la seule raison pour laquelle on ait fait de si hautes cheminées, était l'inconvénient de la fumée; nous ne sommes pas de cet avis : outre ce que prouve l'expérience que nous avons faite, nous ajouterons encore, pour motiver notre opinion, qu'il est notoire et à la connaissance de tous les maçons, qu'une cheminée qui n'a pas un fort tirage (telle par exemple que celle des ménages), doit, pour ne pas être influencée des vents, être élevée un peu plus haut que le faîte des bâtimens environnans. Ceci a été reconnu avant l'emploi plus général de la houille, et tant qu'on n'y chauffait qu'avec du bois, dont la fumée n'a pas, à beaucoup près, d'aussi grands inconvéniens que celle de la houille. Cette influence des vents ne nous semble pas difficile à expliquer : en effet, les vents ont une direction qui dévie peu du parallélisme avec la surface de la terre. Dans ce cas, suivant la théorie de M. Penot, ils n'ont point d'influence sensible sur le tirage; mais quand des bâtimens rapprochés de la cheminée viennent faire obstacle, la direction du vent change et peut devenir plus ou moins inclinée à l'horizon.

Jusqu'ici la tâche de votre comité a été des plus pénibles, toujours en opposition avec les opinions de l'auteur; nous n'avons pu dire un mot obligeant qui pût le récompenser de sa peine et de son travail, qui pût encourager son zèle à vouer son temps aux recherches utiles de l'industrie. Arrivés au paragraphe qui traite des cheminées d'appel ou d'assainissement, il nous est agréable de pouvoir suivre le cours naturel de nos penchans.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les sentimens philantropiques que l'auteur exprime dans l'introduction de cette partie, sont très-louables, et nous rendons justice à ses bonnes intentions.

Les détails historiques intéressent, on les lit avec plaisir : enfin, ici la formule est parfaitement bien expliquée puisqu'il n'y a ni fourneau, ni chaudière à considérer.

Il nous reste encore à parler du paragraphe III, où l'auteur parle des cheminées employées au séchage.

Nous avons trouvé les nouveaux élémens que M. Penot fait entrer ici dans sa formule, conformes à la pratique. Avec ces nouvelles corrections, qu'une application différente rendait nécessaires, la formule est encore amenée très-ingénieusement à une expression générale, et qui ne manquera pas d'être appliquée utilement dans les appareils de séchage que donne ici l'auteur.

Nous pensons que M. Penot a voulu parler ici du chauffage à air chaud, appelé vulgairement à la Cureaudau, et qui diffère essentiellement de l'étendage à chaud de la plupart de nos fabriques, en ce que le fourneau est isolé et en dehors du bâtiment, et chauffe l'air, qui ensuite est conduit dans le séchoir.

Ces chauffages à air chaud ont sans doute l'avantage de présenter beaucoup moins de danger de feu, mais il paraît que leur emploi a été trouvé beaucoup moins économique, parce qu'on n'utilise pas la chaleur qui chauffe les parois du fourneau et la localité qui le contient; en second lieu, il paraît difficile de produire avec les appareils une température de 40° qui est exigée pour les toiles huilées destinées à la teinture en rouge.

Des appareils de ce genre ont été, à ce qu'on nous assure, construits et essayés ici, et ensuite délaissés; aujourd'hui il n'en existe plus aucun à Mulhouse : il est possible que, quand on a d'autres pièces à sécher que celles mouillées d'eau, ces appareils puissent avoir des avantages.

Toutefois, nous soumettons ce que nous venons de dire au jugement des personnes qui ont eu l'occasion d'essayer les deux modes de séchage; nous nous estimerions heureux d'a-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

voir provoqué, par nos observations, quelque explication utile.

Notre doute sur l'espèce de séchage dont a voulu parler M. Penot, vient de ce que dans la formule il introduit la hauteur de la cheminée, et lui donne même 10 mètres dans l'exemple, et qu'ensuite il conseille fort judicieusement de faire arriver l'ouverture de la cheminée au bas du séchoir; mais alors ce séchoir ne commencerait qu'à 11 mètres de terre, et devrait par conséquent être de 8 à 9 mètres plus élevé que les séchoirs ordinaires, qui sont déjà, comme on sait, assez hauts pour être d'une construction difficile et dispendieuse.

Pour les étendages à chaud où la longueur des pièces est verticale, on pourrait encore, sans grand inconvénient, laisser subsister la hauteur dans la formule en lui donnant un très-petit chiffre, mais dans les séchoirs dont on fait usage pour les pièces plaquées, où la pièce est étendue horizontalement dans le sens de la longueur, et où est elle donc à peine distante de terre d'un mètre, la hauteur de la cheminée deviendrait presque nulle.

Nous ne pouvons nous dispenser d'observer encore ce que M. Péclet, dans son ouvrage déjà cité, a traité très au long des différentes méthodes de séchage : il établit fort bien la différence des séchoirs, et il en admet trois espèces distinctes : 1° ceux à air libre; 2° ceux à chauffage extérieur et 3° ceux à chauffage intérieur. Il indique pour chaque cas les dispositions les plus avantageuses et l'application de la formule. Nous devons renvoyer les personnes que cela intéresse à cet ouvrage, elles y trouveront des détails fort instructifs (1).

---

(1) *Traité de la chaleur appliquée aux arts*, 2 vol. in-8°. Paris, Mulher et Comp., passage Dauphine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

EXPÉRIENCES

Sur la nitrification par MM. Demesmay et Mallet.

Il existe depuis long-temps une grande divergence d'opinions sur la formation du salpêtre. Des chimistes distingués ont prétendu qu'il ne se formait jamais de salpêtre où il n'y avait pas de matières animales; d'autres, et Proust à leur tête, ont prétendu que la présence des matières animales était tout-à-fait inutile à sa formation, et que l'air seul pouvait fournir les élémens de l'acide nitrique. Cette opinion a dernièrement été mise en avant par M. Longchamp, qui, sans citer aucune expérience à l'appui, a soutenu que tout calcaire poreux soumis à l'action d'un air humide, donnait naissance à du nitrate de chaux. Voulant vérifier son assertion, et écarter tout ce qui pourrait compliquer les résultats, voici comment nous avons opéré :

Nous avons pris 1 kilogramme de chaux vive que nous avons éteinte avec 750 grammes d'eau tenant en dissolution 250 grammes de sel marin.

Le tout a été exposé à l'air pendant un an, à partir du 1^er^ avril 1827, jusqu'au 1^er^ avril 1828. Après ce temps, nous avons lessivé sans que le produit de la lixiviation contînt des traces apparentes de salpêtre ni de nitrate de chaux. Pensant que la lumière pourrait avoir de l'influence sur les résultats, nous avons fait l'expérience en double ; l'un des produits a été exposé à la lumière, sous un abri qui pût le garantir de la pluie qui, comme on sait, contient du nitrate d'ammoniaque pendant les orages ; l'autre a été mis dans une cave tout-à-fait obscure. Les résultats ont été les mêmes de part et d'autre.

Il est à observer que nous avons eu soin de remuer la matière tous les huit jours, afin de renouveler les surfaces en contact avec l'air.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Employant la chaux vive, nous étions sûrs de n'avoir plus nos résultats influencés par la présence des matières animales qui existent dans tous les calcaires de seconde ou troisième formation; de plus, nous obtenions une porosité bien plus grande que celle qu'ont ordinairement les calcaires, car la chaux, en s'éteignant, acquiert un volume quadruple de celui de la pierre qui a servi à l'obtenir, et joignant du sel à l'eau qui servait à l'extinction de la chaux, nous étions sûrs d'obtenir une humidité constante à cause du muriate de chaux qui ne pouvait manquer de se former : nous réunissions donc toutes les conditions que M. Longchamp avait indiquées comme nécessaires à la nitrification.

Comme nos expériences n'ont encore duré qu'une année, il serait possible que ce temps fût insuffisant pour que le phénomène pût se produire d'une manière appréciable, nous sommes en mesure pour répéter l'expérience après deux et trois ans. Si nos résultats cessent d'être les mêmes, nous les publierons. En examinant les sels que nous avons obtenus par la lixiviation, on voit, d'après leur qualité hygrométrique, combien ils étaient propres à remplir le but, suivant les idées de M. Longchamp. Aussi sommes-nous portés à croire que M. Longchamp a tort, et qu'il faudra en revenir à l'opinion que la plupart des chimistes ont émise, c'est-à-dire que la majeure partie du salpêtre est formée par la décomposition des matières animales en contact avec des matières calcaires, et que l'acide nitrique qui ne se forme pas dans cette circonstance, est produit dans l'air lorsque l'électricité atmosphérique se recombinant, réunit l'oxigène et l'azote pour donner naissance à cet acide, comme on peut le faire dans nos appareils distillatoires au moyen de l'étincelle électrique. Au reste, l'académie vient de nommer une commission pour examiner la question avec tout le soin qu'elle mérite. De cet examen jaillira la lumière, et une théorie importante en acquerra la certitude qu'on ne peut encore y reconnaître, malgré toute la probabilité qu'elle a en sa faveur.

Nota. Nous avons fait l'essai d'une portion de chaux ayant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

subi la même préparation et exposée à l'air depuis deux ans, les résultats ont été les mêmes, le produit de la lixiviation n'a point fourni la moindre trace de nitrate.

MOULIN A CHOCOLAT

Construit par M. ANTIC *à Paris.*

Les pilons et les mortiers employés autrefois exclusivement au broyage des substances qu'on cherchait à réduire en poudre ou en pâte, et qu'on employait par conséquent à la fabrication de la poudre à canon, à celle de la moutarde, à l'extraction des huiles de graines, à la fabrication du chocolat, etc., sont maintenant, en beaucoup de localités, successivement abandonnés et remplacés, soit par des meules verticales, soit par des cylindres, soit par des meules horizontales. Quelques auteurs ont avancé, il est vrai, que la poudre à canon, par exemple, fabriquée à l'aide d'un de ces nouveaux procédés n'a jamais la qualité de celle qu'on faisait autrefois dans les moulins à pilons, et que sans les dangers qu'ils présentent, et les accidens fréquens occasionés par ce procédé, on n'aurait pas dû les abandonner. On prétend aussi que les moulins à vent de Flandres, dans lesquels on extrait l'huile des graines, par le secours d'une batterie de pilons, donnent un produit plus abondant et de meilleure qualité.

Ces assertions nous semblent un peu hasardées, et il est permis de penser que si les expériences étaient faites comparativement, si, par exemple, on laissait le mélange ou la graine exposée à l'action des meules ou des cônes, le même nombre d'heures, si les mêmes soins enfin étaient apportés dans les deux cas, on reconnaîtrait que les nouveaux procédés donnent pour le moins des résultats aussi avantageux. Il est des cas,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

toutefois, où les pilons ne sauraient être avantageusement remplacés; c'est par exemple lorsqu'il s'agit, comme dans un bocard, de broyer, d'écraser des substances très-dures, et qu'il faut absolument un choc pour vaincre leur cohésion.

On peut voir dans les traités de mécanique industrielle de Christian, de Grégory, etc.; dans le recueil de machines employées dans l'agriculture de Le Blanc, dans la chimie appliquée de Gray, traduite en français par T. Richard, la description d'un grand nombre de ces machines à broyer.

Celle qui fait l'objet de la planche 2 et 3 a été construite par M. Antic, mécanicien distingué; elle est destinée à la fabrication du chocolat *fin*; dans cette fabrication, on a l'usage de commencer l'empâtage dans le mortier, et de le finir ensuite à l'aide d'un rouleau qu'on fait glisser sur une table de marbre en appuyant fortement, et relevant de temps en temps, pour la soumettre de nouveau à cette action, la pâte qui s'échappe; cette deuxième manipulation est essentielle à un mélange intime des matières employées, et au broyage parfait.

On verra, par la description de la machine, qu'elle ne laisse rien à désirer à cet égard.

Les cônes, qu'il a choisi de préférence aux meules cylindriques, sont nécessités par l'obligation de donner à la table une inclinaison qui laisse tomber la pâte vers la circonférence où se trouve un rebord qui la reçoit.

Ces cônes ne *traînent* pas, il est vrai, dans leur mouvement de translation au même degré que des cylindres, mais M. Antic y a remédié en ajustant sur deux d'entre eux un encliquetage qui arrête leur mouvement de rotation, et les force à glisser sur la table en tournant; la condition se trouve donc entièrement remplie.

Description du moulin à chocolat.

Planche 2, fig. 1, 2, 3: Coupe verticale de l'ensemble du moulin, et de la batterie de pilons qui y est jointe; cette batterie et le manége se trouvent à l'étage inférieur. Dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ces figures, le moulin dans lequel se broie le cacao, et qui surmonte le moulin à chocolat, n'est pas coupé.

Fig. 4: Plan du moulin à chocolat à la hauteur des 4 cônes, qui se meuvent sur la pierre en granit sur laquelle tombe le cacao moulu.

Fig. 5: Vue de côté de l'un des mortiers de la batterie et de la came qui sert à lever chaque pilon.

On voit par cette planche que l'appareil consiste d'abord en un moulin posé sur une traverse en bois B, qui est scellée dans les deux extrémités du local; c'est dans ce moulin que l'on met le cacao préliminairement écossé, et dont la mouture tombe ensuite, en passant par les entonnoirs C, sur une table de granit D, sur laquelle roulent 4 cônes en fonte E, qui broient le cacao déjà moulu, et l'amènent à l'état d'une pâte compacte. La forme de la surface de la table de granit est tenue conique, afin que la pâte puisse descendre au fur et à mesure du broyage sur la plaque circulaire en tôle F; du reste, des raclettes placées entre chacun des cônes, aident à faire descendre la pâte qui s'accumulerait vers le centre. La plaque en tôle F, ainsi que la pierre de granit, sont soutenues par le mur circulaire G, dans lequel sont pratiquées plusieurs portes en tôle.

Le mouvement est donné aux quatre rouleaux en fonte coniques par les 4 croisillons *H* fondus ensemble, et dans la boîte desquels entre l'arbre *I*; ces croisillons portent à leurs extrémités une fourchette renversée qui vient tomber à cheval sur l'axe de chaque cône. L'explication des figures 8, 9, 10, 11 et 12, planche 3, fera comprendre parfaitement cet ingénieux arrangement.

Pour obtenir avec des cônes le mouvement de traînée ou de torsion, nécessaire à un broyage parfait, deux de ces cônes portent à leur extrémité une roue à rochet, dans laquelle s'engage à volonté le cliquet *s*; de cette manière on arrête leur mouvement sur eux-mêmes, et ils traînent sur la table où se trouve la pâte de chocolat; il est bon de ne pas les laisser traîner trop long-tems de suite, parce qu'on finirait, à la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

longue, par user, sur la surface des cônes, des facettes qui nuiraient à leur mouvement de rotation.

Pour que le broyage de la poudre du cacao, au moyen des cônes, puisse s'effectuer convenablement, et que le tout se transforme en une pâte grasse bien homogène, les fabricans ont depuis long-tems fait la remarque qu'un certain degré de chaleur est nécessaire, afin d'aider par là à l'extraction de l'huile ou beurre que contient le cacao, et que la pression exercée, soit par les cônes, soit par le pilon, tend à faire sortir. C'est dans le but d'obtenir cette chaleur, que M. Antic a placé dans l'espace compris entre les parois du mur G une plaque circulaire J, dont le mouvement est lié à celui de l'arbre I; sur ce plateau se trouvent 4 réchauds K, dans lesquels on met du feu, et qui en tournant communiquent une température de 25 à 30° centigrades à la pierre de granit. Cette température est suffisante pour les pâtes fines, qui sont formées de cacao seul, et cette espèce de moulin ne sert que pour celles-là. La figure première représente deux de ces réchauds, en élévation et en coupe verticale. Des briques posées de champ sur le mur G, soutiennent la plaque en tôle *J*, et permettent à la chaleur de se répandre; un petit revêtement en plâtre joint la plaque F au mur G, et empêche l'air échauffé de s'échapper.

Tout cet appareil est maintenu sur le mur D, bâti lui-même sur une semelle placée sur le plancher du local.

Les deux débrayages L et M, présentent le moyen d'intercepter le mouvement : l'un entre l'arbre du manége et celui du moulin à chocolat, le deuxième entre ce dernier arbre et celui du moulin à cacao. Ce dernier débrayage peut être de la plus grande utilité; en effet, si une ordure, une pierre vient à gêner le mouvement, en s'interposant entre la noix et le boisseau dans le moulin à cacao, le surveillant, pourvu qu'il soit leste, peut en débrayant à temps, empêcher un accident.

Sous la chambre du moulin se trouve placé le manége. De

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cette façon le mouvement est communiqué à l'arbre I immédiatement, sans l'intermédiaire de roues d'engrenage.

L'arbre du manége n'offre aucune particularité; il est, sur la planche, figuré en fonte, renflé vers le milieu et portant des nervures; il passe par un collier N, placé dans le plancher; il pivote dans une crapaudine en acier, placée dans un support en fonte, scellé dans la pierre O. Quelquefois le pivot de l'arbre des manéges est un œuf en acier qui entre à moitié dans un espace de même forme que porte l'extrémité inférieure de l'arbre. L'avantage que les constructeurs trouvent à cette disposition, consiste à pouvoir retourner l'œuf, lorsque l'une de ses extrémités est usée.

Dans tous les cas, une rondelle de bronze recouvre la crapaudine, et garantit le réservoir d'huile de toute souillure.

L'attèle P du manége est du genre appelé *tirasses*; M. Antic les emploie de préférence à tous les autres; plus de cent manéges sortis de ses ateliers portent des attèles semblables. Nous reviendrons sur leur forme et leur avantage dans la description des détails.

Quoiqu'on ait, sur le dessin, représenté deux attèles, un seul cheval suffit pour mettre en mouvement le moulin à cacao, les cônes broyeurs, et une batterie de plusieurs pilons. Le peu de longueur de la flèche Q indique même assez qu'on n'a pas besoin d'employer une bien grande force.

Il est cependant des momens où la résistance est beaucoup augmentée par l'adhérence de la pâte dans les mortiers; le vide qui se produit alors sous le pilon, lorsque la came le relève, cause une pression qui oppose un obstacle d'autant plus grand que la pâte est plus homogène, et laisse moins de passage à l'air; mais, malgré cette augmentation de résistance, un seul cheval suffit pour la vaincre.

La communication de mouvement de l'arbre du manége aux pilons des mortiers, se fait au moyen de la couronne R, maintenue sur l'arbre et sur la flèche du manége, et qui engrène avec le pignon S, monté sur un arbre horizontal T; cet

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

arbre est maintenu d'un côté par la chaise U, et de l'autre dans un collier *V*; comme il est d'un petit diamètre (18 lignes), et qu'il porte les cames qui servent à lever les pilons, on a été obligé de lui donner un troisième point d'appui pris sur le montant X dans lequel il passe; sans cette précaution, l'arbre eût flambé et fléchi, et n'aurait pas produit le meilleur effet.

Cette obligation, de donner à l'arbre horizontal T un 3e point d'appui vers le milieu de sa longeur, a empêché de faire le débrayage du pignon S et de la roue à couronne R de la manière accoutumée, c'est-à-dire en posant l'extrémité V de l'arbre dans un collet articulé qui permît de lever où de baisser l'extrémité opposée, qui se placerait alors sur le coussinet de la chaise U. M. Antic, a remplacé ce moyen facile par un moyen qui est aussi connu et qui, bien que présentant plus de difficulté de construction, n'est pas moins aisé à mettre en pratique. L'arbre horizontal *T* porte à cette extrémité un arrêt de maintenue qui entre dans une rainure de même forme, ménagée à la fonte, dans la boîte du pignon S; celui-ci glisse donc sur l'arrêt, et une vis sert à le maintenir en place. Un coup de marteau, après qu'on a enlevé la vis de pression, dégage le pignon.

La fig. 5, même planche, est une vue de côté de l'un des mortiers et de la came Y, qui fait jouer les pilons; nous reviendrons sur cette batterie dans l'explication des détails. On peut voir que chaque mortier Z est reçu sur un support en fonte, et que sous le premier se trouve un fourneau 11, dont la chaleur est transmise sous chacun des autres par des tuyaux de conduite. Divers registres servent à intercepter l'admission de l'air chaud, soit sous l'un, soit sous l'autre des mortiers.

Cette batterie sert à la préparation des pâtes de qualités inférieures, dont les ingrédiens exigent un mélange intime et requièrent, par conséquent, une force plus grande; on sait en effet que les fabricans font des chocolats qu'ils livrent : au détaillant à 0,85 le 1/2 kilogramme; on ne peut guère exiger que ces chocolats soient fabriqués avec le cacao sans mélange;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les fécules jouent un grand rôle dans la composition de ces basses qualités.

Détails. Moulin à cacao.

Planche 3, fig. 6: Coupe verticale.

Fig. 7, plan du même moulin.

A, Trémie du moulin; elle repose contre le rebord circulaire du plateau *a*, et se trouve attachée à ce rebord.

B, Traverse en bois sur laquelle pose le plateau *a*; cette traverse est scellée en maçonnerie dans les murs latéraux du local.

b, Plateau inférieur, maintenu sous la traverse B, par des vis *c* qui joignent les deux plateaux.

d, Barette qui sert à centrer le mouvement; elle n'occupe pas toute la capacité de la partie inférieure de la trémie, afin que le cacao puisse tomber dans les engrenages.

e, Boisseau du moulin; il entre à gorge dans l'un et l'autre des plateaux *a* et *b*, et par cette disposition, se trouve centré avec la plus grande solidité.

f, Noix du moulin, les pièces circulaires *g*, à gorge dans la noix sont, ainsi qu'elle, liées au mouvement de l'arbre; elles servent à la centrer solidement.

Le plateau inférieur *b* porte des rebords *b'*, qui servent à guider le mouvement de la pièce *h*, qu'on fait monter ou descendre en tournant la vis *i*. Cette pièce, sur la portée de laquelle pose la noix et s'exécute le mouvement, sert à régler l'écartement de celle-ci et du boisseau, selon le moulage plus ou moins fin qu'on veut produire; elle se compose d'une rondelle réunie à un mamelon central par trois croisillons (*Voyez* les lignes ponctuées fig. 7); l'espace annulaire entre le plateau inférieur *b* et la noix *f*, livre passage à la mouture.

j, Boulon, qui retient l'une des 4 oreilles du plateau inférieur *b* contre la traverse *B*.

Toutes les pièces du moulin à cacao ci-dessus sont en fonte

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à l'exception cependant du boisseau *e* et de la noix *f*, qui sont en fer en paquet trempé.

On a quelquefois remplacé la traverse B, scellée dans les deux murs latéraux, par des supports fixés au plancher supérieur; mais cet arrangement offre une solidité beaucoup moins grande, et il suffit d'une petite pierre interposée entre la noix et le boisseau, pour faire fléchir les supports, et contourner tout l'appareil.

Détails du moulin à chocolat.

Fig. 8, pl. 3 : Coupe de l'un des cônes et de toutes les pièces qui sont employées à lui donner le mouvement sur la table de granit.

C, entonnoirs par lesquels tombe sur la table le cacao en poudre, qui descend du moulin A.

E, cône en fonte portant un axe *k* en fer forgé.

D, meule dormante en granit, sur laquelle roulent les 4 cônes E; sa surface est aussi conique, afin de faciliter l'écoulement de la pâte vers les bords.

H, l'un des quatre croisillons qui tombent à cheval sur les deux extrémités de l'axe des cônes, et qui l'entraînent dans leur mouvement.

l, boîte des quatre croisillons fondus ensemble.

Cette boîte porte un trou carré par lequel passe l'arbre I, qui entraîne ainsi les quatre croisillons dans son mouvement de rotation.

m, partie inférieure de la boîte des quatre croisillons; elle pose sur la portée de l'arbre I.

Il est bon d'avoir soin que cette partie de l'arbre se trouve un peu élevée au-dessus du niveau du boîtard *n* de la meule dormante. On facilite les mouvemens par cette attention; 1 millim. est suffisant.

o, coussinets de l'axe du cône. Il faut qu'ils soient en place avant qu'on puisse faire descendre sur l'axe le croisillon dont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'extrémité, comme nous l'avons dit, se termine en une fourchette renversée. (*Voy.* fig. 10 et 11, même planche.)

Les espaces *p*, évidés dans les croisillons, contiennent des ressorts en hélice, qui pressent sur les coussinets à mesure que les cônes, dont la pression a lieu de bas en haut, les poussent en sens inverse. On voit de quelle manière on garnit d'huile les mouvemens.

Comme la boîte dans laquelle se meut l'arbre I serait bientôt remplie de chocolat, si la communication n'était pas interceptée sous cette extrémité de l'axe du cône, on met en place, avant de faire descendre les croisillons, la pièce *q*, qui remplit l'espace vide. Cette pièce, comme le représente sa coupe, est évidée du côté du centre; elle pourrait être pleine sans inconvénient. On comprend facilement qu'elle n'a aucun autre usage que celui d'intercepter la communication entre l'intérieur de la boîte et la table, et qu'elle n'est nullement utile pour soutenir le cône. La table, en effet, sert à celui-ci de support.

Fig. 9, vue en dessus de l'ensemble des quatre croisillons; un seul d'entre eux est entier.

r, sont les raclettes qui servent à pousser la pâte du centre à la circonférence.

La fig. 13 présente la vue de côté de l'une de ces raclettes.

Fig. 10. Vue de bout d'un croisillon, semblable à celui qui est coupé dans la fig. 8.

Fig. 11 et 12. Vue de bout et profil de l'extrémité de l'un des deux croisillons qui portent un cliquet *s* destiné à arrêter le mouvement de rotation des deux cônes, en pénétrant dans l'une des dents de la roue à rochet, par laquelle la base de chacun d'eux se termine.

Le bras de levier que porte le cliquet *s* entraîne le centre de gravité du côté où il se trouve, de sorte qu'il est inutile d'avoir recours à un ressort pour engrener ou désengrener le cliquet.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La pomme qui surmonte l'extrémité de chacun des quatre croisillons n'est pas un simple ornement, elle sert à donner au surveillant la facilité de faire faire une partie de révolution aux cônes, lorsqu'il est nécessaire de ramasser la pâte, de nétoyer la table et les cônes, etc., sans qu'il ait besoin d'avoir recours au moteur.

Fig. 14. Plan et coupe du manchon de débrayage L, placé en dessus du moulin à rouleaux. (*Voy.* fig. 8, même planche.) On voit que l'arbre I' pénètre dans une cavité carrée pratiquée à l'extrémité de l'arbre I, mais qu'il ne descend pas jusqu'au fond de cette cavité. On se rappelle, en effet, que cet arbre I' est soutenu par la noix *f* du moulin à cacao, sur le plateau inférieur en fonte *b*. Une clef passe à travers le manchon L et l'arbre I' et lie leur mouvement.

Détails de l'attèle.

Retournons maintenant à la planche 2, afin de faire comprendre les diverses parties de l'attèle du manége et de la batterie de pilons, dont quelques détails se trouvent dessinés sur une plus grande échelle sur la planche 3, où il sera facile de les reconnaître, puisqu'ils sont affectés des mêmes signes.

P, bras de l'attèle fixés à boulons et à mortaises sur la flèche Q du manége.

La fig. 17, planche 3, est le plan de cette partie de la flèche.

t, levier fixé par son centre sur le boulon *u*. Les deux extrémités de ce levier peuvent, comme le fléau d'une balance, monter et descendre selon que la traction s'exerce de l'un ou de l'autre côté.

A chaque extrémité du levier *t* est fixée à crochet une tige *v*, dans laquelle s'engage le crochet d'un levier coudé *x*, retenu dans l'entaille pratiquée dans le bras de l'attèle par le boulon *y*, qui passe dans l'œil que porte à son coude le levier *x*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(*Voy.* planche 3, fig. 16, ce levier à crochet de bout et de face.)

Les traits du cheval étant fixés aux crochets z, il est facile de concevoir que la traction exercée par lui fera tourner le levier coudé *x* sur le boulon *y* d'une quantité proportionnelle.

Le bras horizontal de ce levier étant lié de mouvement avec la tige *v* l'entraînera en s'abaissant, puisque cette tige est maintenue aux extrémités mobiles des bras du levier *t*.

Au moyen de ce simple mécanisme, la traction opérée par le cheval se répartit également sur chaque épaule, ce qui, comme chacun sait, est une condition indispensable de la santé de l'animal et de sa durée.

Dans quelques manéges on a jugé à propos de placer le levier horizontal *t* sur une douille, qui permette à ses bras, outre leur mouvement oscillatoire vertical, d'en avoir un horizontal, c'est-à-dire d'avant en arrière selon que la traction est exercée par l'une où l'autre épaule. Plusieurs constructeurs pensent que cette addition est plus nuisible qu'utile, en ce qu'elle enlève au cheval tout point d'appui, ce qui lui donne dans la marche une incertitude dangereuse, même à sa santé. On sait, en effet, que plus le cheval est franc du collier, plus il aime à s'appuyer en tournant, soit à droite soit à gauche; si on lui enlève tout appui, il s'impatiente, hésite dans son travail, et finit par se dégoûter et dépérir.

Après ces considérations sur l'emploi des tirasses, il n'est pas inutile de faire observer ici cependant, que M. *Amedée Durand*, dans un mémoire sur la meilleure manière d'atteler les chevaux aux manéges, et sur l'application la plus avantageuse de leur force musculaire, est conduit par ses raisonnemens à considérer le palonnier comme supérieur à tous les modes d'attelage connus, sans en excepter les tirasses.

Détails de la batterie des pilons.

Planche 2, fig. 3 et 5, Z, Mortiers en fonte portant des rebords qui les retiennent sur les supports 2., aussi en fonte.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le fond de ces mortiers est un arc de cercle; le constructeur a préféré cette courbe à la courbe parabolique, afin que le pilon puisse battre à la fois sur une plus grande surface; ce fond est plus épais que les parois latérales.

3, Couvercle de chacun des mortiers; il est formé de deux pièces qui portent chacune une poignée ou anse. Il pose sur un rebord qui règne tout autour du sommet de chaque mortier.

4, Pilons de fonte;

Ils passent à travers la boîte 5, et sont fixés par une clavette dans la douille 6.

7, Montans réunis par le bas au moyen de la frette qui porte la douille 6.

A leur partie supérieure, ces montans sont séparés par la pièce 8, sous laquelle vient se placer la came Y, qui donne le mouvement aux pilons. Voy. Fig 5, la vue de côté de cette came, dont la forme est une développée.

Les boîtes 5 sont soutenues par les supports 9, fig. 5, sur la traverse 10; elles portent des boulons qui entrent dans l'œil de chacun des supports, de manière qu'elles peuvent basculer et qu'on peut facilement enlever le pilon. On détache la clavette qui l'unit à la douille 6, et le couvercle du mortier; on soulève le pilon jusqu'au sommet du mortier; on l'incline en faisant basculer la boîte 5, et on le retire.

La fig. 15, pl. 3, représente en coupe et en plan l'une des boîtes 5; c'est une *stuffing box* ordinaire; son extrémité inférieure est creusée en gorge, afin que dans l'occasion on puisse y attacher la partie supérieure d'un sac en peau, dont l'autre partie se noue sous le rebord du mortier. (Voyez le sac fixé fig. 5, pl. 2.)

Il ne reste rien à dire sur le jeu de la machine, dont la description donne une idée suffisante; la surveillance se borne à peu de chose, il faut que la température de la table de granit soit tenue de 20 à 25 degrés centigrades. Il faut, en outre, que le surveillant ramasse avec une spatule la pâte qui est tombée sur le rebord circulaire qui entoure la meule dormante, et la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rejette sous l'action des cônes. Mais il faut qu'il le fasse avec la précaution d'en placer peu à la fois et de l'étendre pour ne pas fatiguer inutilement le cheval; enfin, il faut qu'il puisse débrayer habilement si une pierre vient à s'interposer entre la noix et le boisseau du moulin à cacao.

Support tournant à coulisses

Ce support où porte-outil, est employé dans les ateliers de Chaillot pour tourner des courbes de diverses espèces sur de grosses pièces de fonte. Par sa disposition, il devient facile de tourner des gorges et des rainures dont la courbure n'est point circulaire.

Fig. 2, pl. 1. Élévation de côté du porte-outil.
Fig. 3, Plan.

Fig. 4, Fragment faisant voir le plan du pignon et du segment denté avec lequel il engrène et qui transmet le mouvement à l'axe du support.

A, Porte-outil à coulisse.

L'outil ou crochet B s'y meut en avant et en arrière au moyen de la vis de rappel C.

Une vis de pression D sert à le fixer à la longeur convenable et le maintient.

Ce porte- outil est placé et solidement maintenu sur l'arbre E, qui se meut dans le canon en fonte F.

L'arbre E passe dans un collet circulaire pratiqué dans la partie supérieure du canon F.

H, est une vis de pression, au moyen de laquelle on maintient contre l'arbre E, la coquille en bronze I qui gêne plus ou moins le mouvement de l'arbre E par ses frottemens.

L'extrémité inférieure de l'arbre est de forme hexagonale, elle entre dans le trou de même forme que porte le segment J qui reçoit son mouvement du pignon K.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce pignon porte un carré qui reçoit le bras L, fig 4, au moyen duquel l'ouvrier fait mouvoir tout l'appareil; c'est en appuyant les reins plus ou moins sur cette tige L, qu'il fait tourner l'outil de la quantité nécessaire.

Les vis M servent à retenir le chapeau de l'axe du pignon K, qui porte une gorge dans laquelle vient se placer la coquille I.

Sur la production de l'Outremer artificiel, par M. KUHLMAN.

L'on arriva à reconnaître la possibilité de préparer artificiellement de l'outremer, lorsque M. Vauquelin publia, dans les *Annales de Chimie*, vol. 89, qu'une matière bleue, trouvée dans un four à soude, par M. Tassaert, lui avait présenté les propriétés physiques propres à cette précieuse couleur. Récemment les recherches de M. Guimet et celles de M. Gmelin ont eu les résultats les plus satisfaisans. Les procédés de préparation publiés jusqu'ici présentent toutefois assez de complication pour maintenir le prix de l'outremer artificiel à un taux fort élevé. Dans le désir de voir simplifier bientôt ces procédés, je crois utile de faire connaître un mode de production remarquable par sa simplicité.

En faisant réparer des fours à réverbère servant à calciner du sulfate de soude, je remarque quelquefois que la digue en briques qui sépare le produit du foyer est couverte, en différentes places, d'une couche d'outremer. Il paraît qu'antérieurement à la formation de l'outremer, il se produit du sulfure de sodium; car les couches bleues sont entourées de petits cristaux brillans, d'un rouge brun, formés de ce sulfure.

Le sulfate de soude s'est-il décomposé par l'action seule de la chaleur ou par l'action simultanée de la chaleur et du charbon du foyer? ou enfin s'est-il décomposé par l'influence de la silice et de l'alumine de l'argile? Ce sont des questions auxquelles je ne saurais encore répondre. Ce qu'il m'est essentiel de constater, c'est la possibilité de faire de l'outremer avec le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sulfate de soude et l'argile. Je dois remarquer toutefois que le sulfate de soude, lorsqu'il n'est pas préparé avec un excès d'acide, peut, par la seule influence de la chaleur du four à réverbère, le convertir en sulfure, et acquérir une couleur d'un rouge brique; lorsqu'il y a un excès d'acide en présence, cette décomposition ne peut avoir lieu, et l'outremer ne saurait se former.

Lettre de M. Braconnot à M. Gay-Lussac, sur son Encre indélébile.

En vous adressant quelques observations sur une matière colorante brune, je me suis beaucoup trop empressé, d'après quelques essais faits à la hâte, d'annoncer qu'elle pouvait être employée avantageusement comme encre indélébile; car, l'ayant soumise dernièrement à de nouvelles épreuves, je n'ai pas tardé à me convaincre qu'elle ne méritait pas ce titre, puisque les caractères qu'elle a fournis ont disparu par des macérations successives dans le chore et la potasse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ANNONCE.

Le Bon jardinier, pour l'année 1830, par MM. Poiteau et Vilmorin. Chez AUDOT, Libraire-éditeur, rue des Maçons-Sorbonne, n. 11, à Paris.

Un vol. in-12 de 1162 pages. Prix : 7 fr., et 9 fr. 50 c., franc de port.

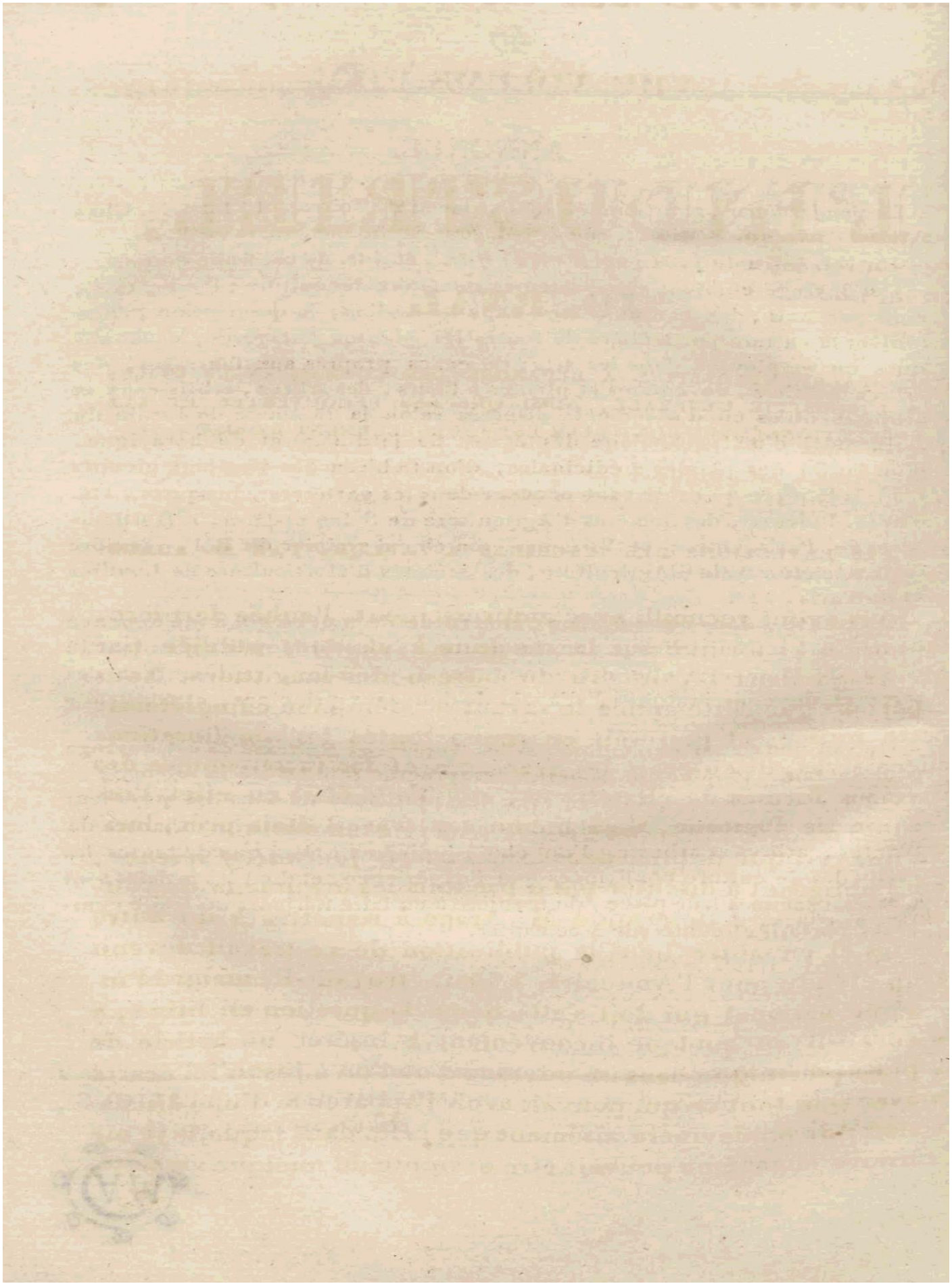
Cet ouvrage contient des principes généraux de culture ; l'indication, mois par mois, des travaux à faire dans les jardins ; la description, l'histoire et la culture particulière de toutes les plantes potagères, économiques ou employées dans les arts ; de celles propres aux fourrages, des arbres fruitiers, des ognons et plantes à fleurs, des arbres, arbrisseaux et arbustes utiles ou d'agrément, disposés selon la méthode du Jardin du Roi, suivi d'un vocabulaire des termes de jardinage et de botanique, d'un jardin des plantes médicinales, d'un tableau des végétaux groupés d'après la place qu'ils doivent occuper dans les parterres, bosquets, etc. Par A. Poiteau, des Sociétés d'Agriculture de Seine-et-Oise, d'Horticulture de Paris, etc. ; et Vilmorin, marchand grainier du Roi, membre de la Société royale d'Agriculture, des sociétés d'Horticulture de Londres et de Paris, etc.

On trouve, dans cette édition, une revue de tout ce qui a été annoncé de nouveau sur le jardinage dans les quatre parties du Monde, pendant le cours de l'année ; elle est ornée de 4 planches, représentant des serres et des conservatoires, d'après de nouveaux principes, et construits dans des formes nouvelles.

On sait que rien n'est négligé par les Auteurs et Éditeurs de cet ouvrage pour le tenir toujours au courant des progrès rapides de la science, qu'une correspondance active avec les praticiens de tous les pays leur donne les moyens de l'enrichir de toutes les acquisitions importantes de plantes, arbres et arbustes d'un choix judicieux, ainsi que de toutes les méthodes de culture confirmées par l'expérience, et dont les articles sont classés chacun à leur place, de manière à en faire toujours un traité complet, portatif et commode à consulter.

IMPRIMERIE DE SELLIGUE,
RUE DES JEUNEURS, N° 14.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Conservatoire des arts et métiers

N° 2 (VIIIe VOLUME.) Décembre 1829.

L'INDUSTRIEL,

JOURNAL

PRINCIPALEMENT DESTINÉ A RÉPANDRE LES CONNAISSANCES UTILES A L'INDUSTRIE GÉNÉRALE, AINSI QUE LES DÉCOUVERTES ET LES PERFECTIONNEMENS DONT ELLE EST JOURNELLEMENT L'OBJET.

SUR LES EXPLOSIONS DES MACHINES A VAPEUR, PAR M. ARAGO.

Nous avons recueilli avec empressement, l'année dernière, la notice historique sur la machine à vapeur, publiée par M. Arago dans l'Annuaire du bureau des longitudes. Nous espérions que cette année le savant académicien complèterait cette notice, et passerait en revue toutes les améliorations successives, discuterait les avantages et les inconvéniens des diverses formes de chaudières, etc. Telle était en effet l'intention de l'auteur, déjà même son travail était prêt, lorsqu'une critique publiée dans le *Quarterly journal of science*, en l'obligeant à discuter pas à pas tous les argumens de l'auteur anglais, a déterminé M. Arago à remettre à un autre temps et en autre lieu, la publication de ce travail devenu trop étendu pour l'Annuaire. « Peut-être, dit-il, malgré l'in-
» térêt national qui doit s'attacher à la question en litige, y
» aurait-il eu quelque inconvénient à insérer un article de
» pure polémique dans un ouvrage d'où l'on a jusqu'ici écarté
» avec soin tout ce qui pouvait avoir l'apparence d'une discus-
» sion ; or on devinera aisément que celle dans laquelle je me
» trouve engagé ne pouvait être exempte de quelque vivacité,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» si je dis qu'on m'oppose des ouvrages *qui n'existent pas*,
» des passages altérés d'une manière vraiment incroyable, etc.
» Une réponse aux critiques anglais paraîtra donc ailleurs,
» elle paraîtra prochainement, et alors on sera, j'espère, con-
» vaincu qu'il n'y a pas, quoi qu'on en ait dit, une seule asser-
» tion à modifier dans ce que j'ai déjà publié concernant l'o-
» rigine de la machine à feu et les améliorations successives
» qu'elle a éprouvées. Ainsi tout bien considéré, et en mettant
» entièrement de côté les formes de la discussion, j'aurai à me
» féliciter qu'on ait osé l'entreprendre, etc. »

L'auteur regrette que la polémique dont les autres articles seront sans doute l'occasion, l'ait amené à supprimer les notices annoncées l'an dernier. Mais puisqu'elles doivent être incessamment publiées autre part, nous nous empresserons d'en extraire ce qui peut intéresser les lecteurs de l'*Industriel*.

Il se contente de publier aujourd'hui le chapitre qui traite des explosions des chaudières à vapeur, qui ne lui semble pas de nature à donner lieu à une discussion de triste priorité. C'est le résumé de ce chapitre que nous mettons aujourd'hui sous les yeux de nos lecteurs (1).

L'auteur commence par la relation abrégée de toutes les explosions qui ont eu pour témoins ou pour historiens des ingénieurs expérimentés. Il s'entoure ainsi de tous les faits authentiques pour expliquer ensuite, ou tout au moins pour faire présumer les causes qui ont déterminé ces tristes accidens et en déduit plusieurs moyens, si non de se garantir entièrement des explosions, du moins de les rendre moins fréquentes.

Il résume toutes les explications données par divers ingénieurs, et les combat ou les admet avec des modifications qui lui semblent devoir résulter des expériences. Parmi les diverses théories émises jusqu'à ce jour, il regarde, comme la plupart des ingénieurs, celle de M. Perkins comme la plus admissible,

(1) Nous rappellerons ici à nos lecteurs le mémoire de M. Barrois, publié dans le cahier de janvier 1829, sur le même objet, et qui renferme des remarques importantes sur les explosions, et les détails de construction qu'il croit propres à les prévenir.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au moins comme expliquant la cause des explosions dans les quelles la rupture est précédée d'un affaiblissement dans la tension de la vapeur, ou de l'ouverture de la soupape de sûreté.

Il divise en plusieurs classes les explosions des chaudières.

Viennent d'abord les explosions produites par une surcharge de la soupape de sûreté. Quant à cette espèce d'explosion, il est bien facile de s'en garantir. Les réglemens de police prescrivent à cet égard des précautions, qui, trop souvent, il est vrai, ne sont pas prises, mais qui n'en sont pas moins obligatoires pour tous ceux qui ne veulent pas livrer à l'imprudence le succès de leur entreprise et la vie de leurs ouvriers. Mais il n'en est pas de même de celles qui sont immédiatement précédées, soit d'un grand affaiblissement dans la tension de la vapeur, soit de l'ouverture de la soupape de sûreté. Dans ces sortes d'explosions, les dangers sont d'autant plus grands, que rien n'indique leur imminence, et que les précautions prises à juste raison pour se garantir de tout accident, sont justement la cause qui les détermine.

Il existe encore plusieurs autres espèces d'accidens, ceux, par exemple, causés par un grand dégagement de gaz détonnant dans le foyer; les écrasemens intérieurs, causés par le vide qui se produit dans la chaudière, et dont l'une des chaudières de la machine à basse pression de Chaillot a donné un exemple, et enfin les explosions précédées d'un grand échauffement des parois de la chaudière, au-dessus du niveau de l'eau; mais ces dernières explosions peuvent être précédées de l'ouverture de la soupape de sûreté, ou de l'affaiblissement de la tension de la vapeur, et par conséquent rentrent dans l'une des classes précédentes.

Les circonstances particulières qui ont accompagné chacune des explosions, étant de la plus grande importance, pour l'appréciation des causes qui ont déterminé les accidens, nous suivrons M. Arago dans la relation qu'il en fait. Si nous omettons quelques détails, c'est qu'ils seront inutiles à la recherche de ces causes déterminantes, et que nous désirons réserver quelques lignes à d'autres matières.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Exemples des plus grands effets que les explosions aient produits jusqu'ici.

Lochrin est le nom d'une immense distillerie située près d'Edimburgh. Le propriétaire, dans des vues d'économie, imagina, il y a quelques années, de remplacer l'ancien mode par la distillation à la vapeur. De larges tubes de métal dans lesquels circulait constamment un courant de vapeur d'eau très-chaude traversaient donc, d'outre en outre, les vases renfermant les liquides qu'il fallait mettre en ébullition. La vapeur échauffante était engendrée dans une chaudière en fer forgé de plus d'un tiers de pouce d'épaisseur, de 37 pieds anglais de long, d'une largeur de 3 pieds au fond et de 2 pieds à la naissance du couvercle; enfin de 4 pieds de hauteur. Le poids total de cette chaudière était de 180 quintaux. On remarquait à sa paroi supérieure deux soupapes de sûreté, disposées de manière qu'elles dussent s'ouvrir dès que la pression intérieure surpasserait 60 livres anglaises par pouce carré, ce qui correspondait à quatre atmosphères. De peur que les ouvriers ne surchargeassent les soupapes, l'une des deux était contenue dans une cage grillée fermée à clef.

Cet immense appareil commença à travailler le 21 mars 1814. Douze jours après, il n'existait déjà plus; une explosion l'avait totalement détruit.

Au moment de la catastrophe, la chaudière se partagea en deux portions distinctes et inégales; la portion supérieure, composée du couvercle et des deux côtés, pesait 140 quintaux. Elle fut projetée de bas en haut, avec une telle violence, qu'après avoir traversé la voûte en briques qui couvrait l'atelier et le toit, elle s'éleva dans l'air à une hauteur verticale de 70 pieds anglais. Cette énorme masse tomba ensuite à 150 pieds du point de départ, sur un des bâtimens de la distillerie, l'enfonça, et au terme de sa chute, réduisit en pièces une vaste cuve de fonte de fer, située au rez-de-chaussée.

Il n'y avait heureusement que deux ouvriers près de l'ap-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pareil, au moment de l'explosion; ce furent les deux seules personnes qui perdirent la vie. Le corps d'un de ces ouvriers avait été séparé en deux; on regarda comme effet digne de remarque que les jambes fussent restées dans la distillerie, tandis que le buste se trouva au loin hors du bâtiment parmi les décombres.

La ligne le long de laquelle la chaudière se déchira, était parfaitement horizontale, et suivait une rangée de clous d'une manière tout aussi régulière que si l'on eût coupé le fer avec de fortes cisailles.

La chaudière, semblable à celles dont Watt avait donné le modèle, était *concave à l'extérieur*, dans sa face la plus voisine du feu; elle formait là une espèce d'arceau qui permettait à la flamme du fourneau de pénétrer presque jusqu'au centre de la masse liquide. Après l'explosion, la même paroi se trouva convexe, tant elle avait été fortement pressée de dedans en dehors. Cette déformation n'offre rien qu'on n'eût pu deviner; mais on aurait cru difficilement, si l'inspection des lieux n'en avait fourni une preuve démonstrative, que le fond de la chaudière, dont le poids était de 40 quintaux, et qui portait de si évidentes traces de l'énorme pression qu'il avait éprouvée de *haut en bas*, eût été cependant *soulevé*, pendant l'explosion, à une hauteur de 14 à 15 pieds, et transporté à quelque distance du massif de maçonnerie sur lequel il se trouvait primitivement établi.

Aucune circonstance, il importe beaucoup de le faire remarquer, n'autorisait la supposition que l'accident de Lochrin ait dépendu d'une mauvaise construction des soupapes de sûreté. J'ai déjà dit que l'une d'elles était sous clé, ainsi il faut également écarter toute idée de surcharge.

Second exemple caractérisé par l'explosion simultanée de plusieurs chaudières.

Le bateau à vapeur *le Rhône*, construit par MM. Aitkin et Steel, était destiné à faire l'office de remorqueur entre Arles et Lyon. Il portait une immense machine parfaitement bien

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

exécutée à Paris, dans les ateliers de la Gare, et alimentée par quatre chaudières en fer laminé, de 1 met., 3 de diamètre chacune. Depuis l'événement, on a reconnu que le métal, sur beaucoup de points, n'avait que 6 millimètres d'épaisseur.

Le 4 mars 1827, le bateau fit explosion. Plusieurs personnes, M. Steel entre autres, périrent victimes de cet accident. Il y eut même des spectateurs tués sur les quais du Rhône, par quelques pièces de charpente du bateau.

Cette horrible catastrophe fut une conséquence inévitable de l'imprudence de l'ingénieur; contrarié de ne pas vaincre la rapidité du courant aussi complétement qu'il l'avait espéré, M. Steel fixa invariablement les soupapes de sûreté des quatre chaudières; il leur ôta toute mobilité. Ce fait, quelque incroyable qu'il puisse paraître, a été constaté d'une manière authentique.

Nous avons remarqué qu'il y avait quatre chaudières sur le bateau. Il est certain que deux d'entre elles éclatèrent presque simultanément; si je suis bien informé, en retirant du Rhône une troisième chaudière qui y était tombée, on a reconnu depuis peu qu'elle avait aussi éclaté. Cette rupture, dans la même seconde, de deux ou trois chaudières différentes, est un fait très-singulier, et dont nous avons à rendre compte en parlant des diverses explications qu'on a données de ces phénomènes.

Je ne dois pas oublier de dire qu'à Lyon, comme à Lochrin, le dôme que l'explosion projeta à la distance de 250 met., s'était séparé de la chaudière le long d'une ligne à peu près horizontale, quoique dans l'étendue de cette ligne, le métal présentât des différences d'épaisseur de plus de 2 millimètres. M. Tabareau, à qui j'emprunte ces précieux détails, a calculé que 2 millimètres donnaient aux portions les plus épaisses des parois un excès de résistance de plus de 6 atmosphères sur 20 à 25 qui étaient leur force totale. Ainsi il y a eu rupture *simultanée*, dans des parties de la chaudière dont les tenacités différaient de 6 atmosphères au moins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Je viens de faire remarquer combien l'explosion simultanée de plusieurs chaudières placées sur des fourneaux différens était un phénomène digne d'attention; il pourra donc être utile d'en citer un second exemple.

A l'entrée de la mine d'étain de Folgooth, il existe une immense machine à feu, alimentée par trois chaudières distinctes. Cette machine ayant été arrêtée quelques instans pour donner à l'ingénieur les moyens de réparer la pompe foulante d'épuisement, deux des chaudières éclatèrent coup sur coup. Le capitaine Keed, qui se trouvait alors très-près de la mine, rapporte que le bruit de la première explosion avait à peine cessé, quand la seconde se fit entendre.

Explosions occasionées par une surcharge de la soupape de sûreté.

Après l'explosion qui démolit entièrement la raffinerie de sucre de Wellclose Square à Londres, il fut constaté que la *fonte* dont la chaudière était formée n'avait pas une épaisseur suffisante. Au fond on ne trouva pas moins de deux pouces et demi anglais; sur les deux parois verticales, un pouce et demi; dans la partie inférieure du dôme, sept seizièmes de pouce seulement, et sur quelques autres points, l'épaisseur était réduite à un huitième de pouce.

Quelques instans avant l'événement, contrarié des faibles résultats que l'appareil donnait, un agent du constructeur, malgré les vives représentations des raffineurs, avait chargé la soupape de sûreté d'un énorme poids, tandis qu'en même temps, il pressait le feu autant que possible.

Remarquons qu'à Londres comme à Lyon, la chaudière éclata à la fois dans des parties qui avaient des épaisseurs si inégales, qu'on aurait dû supposer que l'une de ces parties cédant à la force 1, l'autre résisterait à une action décuple.

Durant l'enquête que la chambre des communes institua en 1817 à l'occasion de l'explosion d'un bateau à vapeur à Norwich, M. William Chapman, ingénieur civil à Newcastle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cita l'explosion d'une chaudière, déterminée comme la précédente par une surcharge de la soupape de sûreté. Un ouvrier s'assit sur la soupape, afin de donner à ses camarades le spectacle du mouvement oscillatoire qu'il éprouverait, disait-il, lorsque la vapeur serait devenue assez puissante pour le soutenir. Or, il arriva, comme on pouvait le prévoir, que la soupape ne s'ouvrit point, mais que la chaudière creva. Les éclats blessèrent et tuèrent un grand nombre de personnes.

En Amérique, un bateau à vapeur sauta sur l'Ohio pendant que l'équipage levait l'ancre, c'est à-dire dans un moment où la machine ne marchant point, il n'y avait aucune consommation de vapeur, quoique le feu fût déjà dans toute sa force. Lever ou décharger la soupape était le moyen de prévenir les accidens; par une inadvertance inexplicable, l'ingénieur, au contraire, y plaça un poids additionnel.

Explosions precedees d'un grand affaiblissement dans le ressort de la vapeur.

Dans tous les cas d'explosion que j'ai cités jusqu'ici, celui de Lochrin excepté, il a été constaté que la soupape de sûreté se trouvait ou complétement fermée ou chargée d'un poids trop fort; les causes de l'effraction semblaient donc évidentes. Maintenant nous allons entrer dans une série de faits beaucoup moins simples. Plusieurs même, je l'avouerai sans détours, ont une apparence paradoxale qui, au premier abord, inspire des doutes; mais les exemples sont nombreux et les autorités irrécusables.

Quelques instans avant que la chaudière en fonte et la pression moyenne établie à Essone dans la filature de M. Feray, fît explosion le 8 février 1823, la machine qu'elle alimentait marchait *plus lentement* qu'à l'ordinaire, à tel point que les ouvriers s'en plaignaient. Quand l'explosion eut lieu, les deux soupapes *venaient de s'ouvrir*, et la vapeur en sortait avec abondance.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un accident en tout semblable à celui d'Essone eut lieu quelques jours après sur le boulevard du Mont-Parnasse, à Paris. Ici, comme chez M. Feray, les ouvriers murmuraient de ce que la marche excessivement lente de la machine ne leur permettait de faire dans la journée qu'une très-petite quantité d'ouvrage, lorsque tout-à-coup, la chaudière, qu'ils supposaient presque vide de vapeur, éclata. Cette chaudière était en cuivre laminé. Rien n'annonçait que la soupape de sûreté eût été en mauvais état; on a même toute raison de supposer qu'une abondante fuite de vapeur précéda l'explosion.

Lors de l'explosion du bateau à vapeur l'*Etna*, en Amérique, la machine ne donnait que 18 coups de piston par minute. Dans la marche habituelle, ce nombre de coups était de 20; ainsi la chaudière éclata sous l'action d'une vapeur sensiblement moins élastique que celle qu'elle supportait ordinairement.

Le jour de l'explosion du bateau le *Rapide*, à Rochefort, le manomètre avait souvent indiqué une élasticité de la vapeur de 30 centimètres de mercure supérieure à celle de l'atmosphère. Quelques instans avant l'événement, le manomètre n'était qu'à 15 centimètres.

Il est résulté de l'enquête à laquelle donna lieu l'explosion du bateau à vapeur le *Graham* qu'à l'instant où l'évenement arriva, on venait d'ôter un poids de 20 livres de dessus la soupape de sûreté.

Explosions immédiatement précédées de l'ouverture de la soupape de súreté.

Je rappellerai d'abord que l'explosion de la chaudière d'Essonne pourrait être classée dans ce paragraphe, car la soupape venait de s'ouvrir quand elle arriva.

Une chaudière construite pour produire de la vapeur à basse pression, fit explosion au milieu d'un atelier de Lyon, immédiatement après qu'on eut ouvert un large robinet de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

décharge par lequel la vapeur commençait à s'échapper avec rapidité. Ouvrir le robinet ou soulever la soupape de sûreté, c'est évidemment tout un : l'explosion, dans ce cas, fut donc déterminée par une manœuvre qui généralement semble devoir la prévenir.

Ce fait, quelqu'étrange qu'il puisse paraître, sera certainement adopté de confiance quand je dirai qu'on en est redevable à M. Gensoul de Lyon, et de plus que cet habile ingénieur en a été témoin.

Si, dans un cas extrême comme celui que je viens de rapporter, l'ouvertnre d'une soupape de sûreté peut amener la rupture de la chaudière, il doit arriver fréquemment que cette ouverture, sans occasioner aucun accident, détermine cependant une augmentation sensible et brusque dans la force élastique de la vapeur.

Le phénomène, dans ces limites, peut être étudié sans trop de danger. Je sais qu'à Lyon l'expérience a été tentée, et que sur une petite chaudière à haute pression, dès qu'on ouvrait un large robinet de décharge, la soupape de sûreté se levait. Je dois dire qu'à Paris, M. Dulong et moi nous avons toujours vu, au contraire, une diminution de tension accompagner l'ouverture des soupapes ; mais je n'en regarde pas moins l'expérience de Lyon comme certaine, puisqu'elle a pour garans M. Tabareau, directeur de l'école de la Martinière, et M. Rey, professeur de chimie. Les causes probables de ce désaccord, que je signalerai plus bas, montreront peut-être comment on peut prévenir le genre particulier d'accidens auxquels cet article est consacré.

Ecrasemens intérieurs des chaudières.

Les chaudières construites avec des plaques malléables de fer ou de cuivre, celles surtout qu'on a destinées à travailler sous une faible pression, éprouvent dans quelques circons-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tances des accidens qui sont précisément l'inverse de ceux dont nous venons de nous occuper.

Ces chaudières, quelquefois, s'écrasent complétement par une flexion subite de leurs parois qui s'opère de dehors en dedans. Les villes de Lyon et de Saint-Etienne ont été naguère le théâtre de plusieurs accidens de ce genre, contre lesquels il importe de se prémuuir, ne fût-ce que pour ne pas voir des ateliers considérables réduits tout-à-coup à une complète inaction.

Les petits cylindres des chaudières à foyer intérieur s'écrasent aussi de temps en temps, leurs parois ne pouvant pas, dans certaines circonstances, résister à la pression de la vapeur contenue dans l'espace annulaire, cèdent et s'aplatissent tout-à-coup. Or, comme ce mouvement ne saurait avoir lieu sans que le métal ne se déchire en quelque part, l'eau bouillante se répand par torrens dans les ateliers environnans et produit souvent de grands malheurs. M. John Taylor, membre de la société royale de Londres, me fournira un exemple de ce genre d'accidens.

Dans le Flintshire, aux *mold-mines*, il y a une immense machine à feu alimentée par trois chaudières à foyer intérieur. Un jour, la machine était arrêtée depuis cinq minutes, le contre-maître avait déjà levé les portes des foyers des trois chaudières et fermé les registres des cheminées de deux; il s'occupait à faire la même opération sur la troisième cheminée, mais à peine la plaque métallique fut-elle en place qu'il vit une bouffée de flamme s'élancer du foyer vers l'atelier, et une explosion suivit immédiatement. Deux ouvriers, qui se trouvèrent malheureusement dans la direction suivant laquelle s'élança l'eau bouillante, périrent sur-le-champ.

Un examen attentif de la chaudière montra que le cylindre extérieur n'avait ni bougé ni éprouvé de dommage. On reconnut même que le poids suspendu au levier de la soupape de sûreté était encore à sa place après l'accident. Le petit cylindre n'avait pas éprouvé non plus le mouvement de translation qui, dans ce genre de chaudières, est quelquefois la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

suite des explosions; mais il était tellement aplati dans une grande partie de sa longueur par le rapprochement des parois latérales, qu'il restait à peine assez de place pour y introduire la main.

Au premier coup d'œil, on peut trouver étrange que j'aie placé un écrasement de chaudière dû à un excès de force de la vapeur, à côté des accidens, pour ainsi dire, inverses dont il est question au précédent paragraphe; mais on verra bientôt que ces deux genres d'effet, suivant toute apparence, ont une semblable origine.

Accidens particuliers aux chaudières à foyer intérieur.

Pour peu qu'on ait réfléchi sur les causes nombreuses qui peuvent amener l'explosion d'une chaudière, et sur les combinaisons diverses dont elles sont susceptibles, on reconnaît bientôt à quel point il serait inutile de rechercher à cet égard des régles invariables. On doit remarquer cependant qu'en général la forme de la chaudière est la cause prépondérante, et que c'est elle qui, le plus ordinairement, détermine le genre de l'effraction. C'est en ce sens surtout que des tableaux détaillés et complets des accidens qui arrivent journellement auraient une grande utilité. Grâce aux précieux renseignemens qu'a publiés il y a deux ans M. John Taylor, on peut déjà dire, par exemple, que dans les chaudières à foyer intérieur ou à cylindre concentrique, ce sont les parois du petit cylindre qu'il faut considérer comme la partie faible.

Après l'explosion presque simultanée de deux chaudières à la mine d'étain de Polgooth, on trouva que les cylindres intérieurs de l'une et de l'autre étaient tordus sur eux-mêmes, et crevassés dans un grand nombre de points.

A la mine d'*East-Crenis*, le petit cylindre était non-seulement aplati par le rapprochement de ses parois supérieure et inférieure; mais il avait même été lancé hors de l'atelier avec beaucoup de force sans que le grand cylindre qui l'enveloppait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

eût bougé, et sans qu'on y remarquât aucune avarie importante. On a déjà vu à la page précédente un autre exemple encore plus remarquable de déformation et de rupture complète du petit cylindre d'une chaudière avec invariabilité du cylindre-enveloppe.

Explosion précédée d'un grand échauffement des parois de la chaudière.

Dans la fonderie de Pittsbourg en Amérique, une machine à haute pression de la force de 80 chevaux recevait la vapeur de 3 chaudières cylindriques séparées, ayant chacune 30 pouces anglais de diamètre et 18 pieds de long. On s'était aperçu depuis assez long-temps qu'à cause de quelque défaut dans un tuyau aboutissant à la pompe alimentaire, l'une de ces chaudières ne recevait pas assez d'eau et devenait rouge; mais comme la vapeur fournie dans les deux autres était suffisante, on crut pouvoir se dispenser de réparer le mal. Or, il arriva qu'un jour la chaudière rouge fit explosion, que sa majeure partie se sépara de l'une des extrémités, qu'elle partit comme une fusée sous l'angle d'environ 45°, traversa le toit du bâtiment, et alla tomber à 600 pieds anglais de distance.

Explosion d'une chaudière en l'air.

On a rarement des détails bien précis sur les circonstances dont les explosions de machines à vapeur sont accompagnées, soit parce que ces accidens arrivent inopinément et durent à peine quelques dixièmes de seconde, soit à cause que les témoins en sont presque toujours victimes. Une inspection attentive des localités, de la forme, de la masse et de la distance des débris fera souvent connaître quelle partie de la chaudière a dû céder la première, avec quelle vitesse les fragmens ont été projetés; mais ordinairement on sera forcé de s'arrêter là. Il importe donc de recueillir avec soin tout ce que d'heureux hasards pourront nous apprendre de plus sur des accidens si fâcheux et si dignes d'être étudiés; je m'em-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

presse donc d'extraire d'une lettre de M. Perkins le fait qu'on va lire, et qui, j'espère, ne paraîtra pas dépourvu d'intérêt.

J'ai eu connaissance, m'écrivait cet habile ingénieur, d'une explosion qui se trouva précédée de la formation d'une fissure par laquelle la vapeur s'échappait avec une énorme vitesse. Malgré cette soupape de sûreté improvisée, la chaudière fut détachée de la maçonnerie sur laquelle elle reposait, soulevée en masse à quelques pieds du sol, et c'est en l'air qu'eut lieu l'explosion qui la partagea en deux. La moitié supérieure s'éleva très-haut, l'autre retomba aussitôt sur le sol avec un grand fracas.

Je me trompe fort, ou les mêmes circonstances ont dû se rencontrer dans l'explosion de Lochrin.

Appuyé sur les faits dont on vient de lire la relation, il nous reste maintenant à rechercher quelles sont les causes diverses qui ont pu amener tant d'accidens et les moyens d'en prévenir le retour.

Soupapes de sûreté, leurs défauts.

Après avoir expliqué la soupape de Papin, dite de sûreté, et de quelle manière elle est destinée à prévenir les accidens, l'auteur cherche comment il peut arriver qu'un *moyen si rationel, si simple, et d'une exécution si facile, ne soit pas infaillible.*

La plaque de la soupape, dit-il, se soulève au moment où le poids dont elle est chargée devient inférieur à la pression de la vapeur; mais pour empêcher toute augmentation de tension dans la chaudière, cela ne suffit pas : il faut de plus que la fuite par la soupape égale au moins l'excès de production. La perte dépend du diamètre de l'ouverture; or, celle qui ordinairement satisfait à tous les besoins, peut être beaucoup trop petite lorsque des circonstances rares amènent la transformation presque subite d'une grande quantité d'eau en vapeur. Dans ce cas la soupape diminue le mal, mais elle ne le prévient pas; elle est, qu'on me passe la comparaison, comme le lit de ce

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

torrent qui suffit à l'écoulement des eaux dans les temps ordinaires, tandis qu'à la suite d'un orage, les rives se trouvent beaucoup trop resserrées. Si des difficultés d'ajustement, et l'énormité des poids dont il faudrait alors faire usage, ne forçaient pas de se renfermer dans certaines limites, il y aurait donc tout avantage à employer des soupapes à très-larges ouvertures. Sans pousser les choses à l'extrême, on pourrait, je crois, admettre qu'on s'en est tenu jusqu'ici à de trop petites dimensions. La justesse de cette assertion ne sera pas contestée par ceux-là surtout qui voudront bien se rappeler les curieux phénomènes récemment découverts dans l'écoulement des fluides par de petites ouvertures. On a trouvé en effet, en présentant perpendiculairement une plaque libre très-légère à un courant de vapeur sortant par un petit trou pratiqué dans la paroi d'une chaudière à haute pression, qu'elle n'est pas toujours repoussée. Parvenue à une faible distance de ce trou, la plaque se trouve sollicitée à la fois par la vapeur qui tend à l'éloigner, et par la pression atmosphérique dont l'action s'exerce en sens contraire: or, ces deux forces se faisant équilibre, la plaque est comme suspendue en l'air dans une complète immobilité. Je ne puis pas examiner ici comment il arrive que la vapeur perde, dans l'acte de son écoulement, une si énorme partie de sa force, que la seule pression atmosphérique suffise pour contrebalancer ce qui en reste. Je me contente de dire, comme un fait, que la plaque libre s'écarte très-peu du trou; que la même chose arrivera à la plaque de la soupape, et qu'ainsi, au moment où elle se soulèvera, il sortira beaucoup moins de vapeur qu'on ne l'avait espéré, quand on comptait sur un jet d'une largeur égale à celle de l'ouverture que cette plaque découvrait.

M. Clément qui a étudié ces phénomènes avec un soin tout particulier, y a vu la condamnation en dernier ressort des soupapes à plaque mobile. L'arrêt peut paraître trop absolu, mais toujours est-il que le soulèvement partiel de la plaque est une difficulté de plus, offerte aux méditations des constructeurs, et que pour le moment elle peut entrer pour une petite part dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les causes d'explosion, quand la soupape est mal construite (1).

Passons à des difficultés d'une autre espèce.

Nous avons vu plus haut qu'en France, d'après la législation en vigueur, toute chaudière en fonte, avant d'être estampillée, doit avoir supporté une pression intérieure *cinq fois plus forte* que celle qu'elle subira quand elle sera en action, et que cette pression d'épreuve est réduite du quintuple *au triple* pour les chaudières en cuivre et en fer laminé ou battu. Ces limites semblent bien larges, et excitent même souvent les réclamations des constructeurs; nous allons voir cependant qu'elles sont loin d'offrir une garantie complète.

J'ai déjà dit comment les épreuves se font; il me suffira de rappeler ici qu'on opère à la température ordinaire. Or, à cette température, les métaux ont plus de tenacité qu'à chaud. Quand on approche du terme de l'incandescence, la diminution est énorme. Des expériences de M. Tremery ont prouvé, par exemple, que la tenacité du fer forgé chauffé jusqu'au rouge sombre, n'est que la *sixième* partie de celle du fer froid. Si donc, par malheur, une certaine portion de la chaudière passait au rouge, on se trouverait très-près des limites de rupture, *sans que la soupape s'ouvrît*, et quoique d'après les expériences faites à froid, on eût le droit de s'en croire très-éloigné.

Mais pourquoi, dira-t-on, ne pas faire une expérience entièrement décisive? Pourquoi ne pas placer la chaudière dans les conditions sous lesquelles elle doit travailler? pourquoi, en un mot, ne pas substituer la vapeur à l'eau dans la production des pressions d'épreuve? On répondra d'abord qu'à l'aide d'une pompe, l'expérience peut se faire en tout lieu, dans l'atelier même de l'ouvrier, avec très-peu d'appareil et de dépense; que l'épreuve à la vapeur, au contraire, exigerait pour chaque chaudière la construction d'un fourneau, un assez grand local, et que l'industrie est paralysée partout où on l'entoure de semblables entraves. Ajoutons que les spectateurs de l'é-

(1) Voyez dans l'*Industriel* de décembre 1827, page 104, la description d'une nouvelle soupape de sûreté, par M. Barrois, propre, par ses dimensions et sa forme, à prevenir les accidens dont parle ici M. Arago.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

neuve à la pompe ne courent presque aucun danger, lors même que la chaudière éclate, mais qu'il n'en serait pas de même si, au lieu d'eau, elle renfermait de la vapeur. Les précautions qu'il faudrait prendre dans ce dernier cas, pour garantir les expérimentateurs, ajouteraient beaucoup aux difficultés de ces essais préparatoires et à la dépense qu'ils entraînent. Ainsi, suivant toute apparence, les épreuves à l'eau, malgré les défauts que j'ai déjà signalés, malgré ceux dont il me reste à parler, continueront à prévaloir.

Lorsqu'on agit sur les parois d'une chaudière, avec une pompe foulante, la pression intérieure s'accroît progressivement et par des degrés presque insensibles. On n'apprend donc rien, en opérant ainsi, sur les efforts que surmonteraient ces parois dans le cas d'un changement considérable et *brusque*. Or, de tels changemens peuvent avoir lieu quand la chaudière est en action.

Faut-il enfin remarquer que l'épreuve faite dans l'atelier de l'artiste, sur une chaudière neuve, montre seulement ce qu'elle vaut alors, et non ce qu'elle sera après quelques semaines, après quelques mois de travail, lorsque des inégalités de température auront tiraillé le métal en tous sens et désuni ses fibres, lorsque la rouille l'aura altéré, etc., etc?

On voit en résumé que, malgré la bonne construction et le bon état des soupapes de sûreté, il n'est pas impossible qu'une chaudière fasse explosion :

1° Parce que l'ouverture de la soupape peut ne pas être assez large pour donner passage à la vapeur qui se serait engendrée subitement et en grande abondance;

2° Parce que la chaudière a été essayée à froid, et qu'à chaud, surtout quand les parois parviennent à une température très-élevée, la ténacité du métal est fort amoindrie;

3° Parce qu'une augmentation *brusque* dans l'élasticité de la vapeur peut occasioner des ruptures là où une pression plus grande, mais produite graduellement, n'avait été accompagnée d'aucune circonstance fâcheuse;

4° Enfin, parce que la chaudière se détériore assez promp-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tement au feu, et qu'après un certain nombre de mois de travail, sa ténacité est souvent fort affaiblie.

Les soupapes de sûreté, quelque bonnes qu'elles soient, ne doivent pas dispenser l'ingénieur d'éprouver sa chaudière de temps à autre, de prévenir, par tous les moyens en son pouvoir, des changemens brusques dans l'élasticité de la vapeur, et enfin d'empêcher que jamais aucune partie des parois n'acquière une trop haute température.

J'ai supposé jusqu'ici la soupape en bon état; et en effet, au premier coup d'œil, il semble difficile qu'un appareil aussi simple se dérange; mais si l'on remarque que la plaque mobile se rouille souvent, qu'elle contracte par là, et surtout par le repos, une forte adhérence avec la paroi métallique fixe sur laquelle elle s'ajuste, on concevra qu'elle puisse ne pas bouger sous des pressions bien supérieures à celle que l'ingénieur avait fixée d'avance comme devant amener la fuite de la vapeur.

M. *Maudslay*, dont l'habileté et la haute expérience sont bien connues, disait qu'une soupape de sûreté ne mérite plus ce nom, dès qu'on l'a laissée une seule semaine sans la faire jouer; aussi voyait-on, à côté de quelques-unes de ses chaudières, un cordon placé à côté du chauffeur, et qui servait à soulever la soupape de temps en temps. On a même été jusqu'à produire ce mouvement à l'aide de plusieurs leviers dépendans de la machine; mais quand la chaudière en est un peu éloignée, ce moyen n'est guère praticable.

L'opération du chauffage est ordinairement confiée à de simples ouvriers, dépourvus de toute prudence, et qui, trop souvent, surchargent les soupapes, soit pour accélérer le travail, quand des plaintes leur sont adressées, soit ordinairement ponr faire parade de leur courage. On se met à l'abri de ce danger, le plus grand peut-être qu'on doive redouter, en adaptant toujours deux soupapes à chaque chaudière: l'une, entièrement libre, sert au chauffeur toutes les fois que la vapeur doit être évacuée; l'autre est renfermée sous un treillage dont il importe que l'ingénieur ou le propriétaire de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la machine conserve seul la clé. L'emploi de la double soupape a été recommandé presque unanimement par les nombreux ingénieurs que la chambre des communes appela devant elle pour l'enquête de 1817 ; en France, une ordonnance royale en fait une condition de rigueur. Peut-être pourrait-on exiger aussi que chaque chaudière se trouvât munie d'un mécanisme simple et commodément placé, à l'aide duquel le chauffeur pût reconnaître, de temps en temps, que la soupape n'a pas contracté d'adhérence ; ceux qui ont un peu visité les ateliers savent bien, en effet, que les ouvriers s'astreignent difficilement à faire avec régularité les opérations dont il ne doit pas rester de trace, si elles donnent un peu de peine.

Plaques fusibles.

Pour bien comprendre l'utilité de ces soupapes, il faut savoir qu'il est possible que la vapeur d'eau ait une très-haute température et peu de ressort, mais qu'il n'arrive jamais, au contraire, qu'une grande élasticité ne soit pas accompagnée d'une forte température.

Les physiciens ont déterminé expérimentalement par quelles températures minimum la vapeur peut acquérir des tensions d'une, de deux, de trois, de dix, etc., atmosphères. A l'aide de ces résultats, on saura que la température de la vapeur ne devra jamais s'élever au-delà de tel degré du thermomètre, lorsqu'on aura décidé de ne pas dépasser telle ou telle autre tension.

Si l'on applique donc, sur une ouverture de la chaudière, une plaque formée avec un alliage de plomb, d'étain et de bismuth, dont les proportions aient été tellement choisies qu'il se fonde à la température-limite déterminée d'avance, il semble impossible que cette température soit jamais dépassée, puisque, aussitôt qu'on y arrive, la plaque doit couler et donner passage à la vapeur.

En France, une ordonnance royale exige que toute chau-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dière soit munie de deux plaques fusibles de grandeurs inégales.

Le point de fusibilité de la plus petite est de 10° supérieur à la température de la vapeur saturée ayant une élasticité égale à celle dont la vapeur motrice doit être douée dans le travail ordinaire. La seconde plaque se fond 10° plus haut que la première. Quoiqu'on puisse citer divers cas dans lesquels les plaques fusibles ont probablement empêché des explosions et prévenu de grands malheurs, la plûpart des constructeurs les emploient à regret et préféreraient de beaucoup les soupapes ordinaires, dont au reste leurs machines doivent aussi être pourvues. Examinons donc les objections qu'elles ont fait naître.

On a dit d'abord que ces plaques accusant seulement la température et nullement la pression, peuvent se fondre quand la vapeur, d'ailleurs très-chaude, a fort peu d'élasticité; mais si l'on examine dans quelles circonstances la vapeur intérieure peut n'être pas saturée d'humidité, on trouve que c'est uniquement lorsque l'eau manque et qu'une partie des parois de la chaudière est devenue très-chaude, peut-être même rouge; or, alors une explosion est imminente; cette première objection semble donc tomber à faux.

La plaque n'arrive pas au terme de sa liquéfaction sans s'être un peu ramollie; ainsi, il est à craindre qu'elle n'éclate sous une tension très-inférieure à celle qui déterminerait sa fusion : à l'origine cela avait lieu en effet; mais depuis qu'on recouvre la plaque d'une toile métallique à mailles un peu serrées avant de la fixer par des boulons au tuyau qu'elle doit fermer, la difficulté a disparu. Il se forme bien encore, çà et là, quelques boursouflures quand on approche du degré de la fusion, mais c'est seulement très-près de ce degré, l'expérience l'a montré, que la plaque cède, est projetée de bas en haut, et ouvre un libre passage à la vapeur.

Quand la plaque fusible a disparu, toute la vapeur s'échappe par l'ouverture qu'elle fermait. Le temps de la remplacer, de remplir de nouveau la chaudière, et de la chauffer, pourrait être assez long; or, pendant ce temps-là, rien ne saurait mar-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cher. Sur un bateau à vapeur, près des côtes, et particulièrement au moment d'entrer dans un port, une absence subite de la force motrice amenerait les plus fâcheux accidens. Cette difficulté est grave et très-réelle, peut-être même est-ce là la vraie raison qui a empêché nos voisins d'adopter les plaques fusibles, et leur a fait préférer les soupapes ordinaires. Celles-ci, en effet, ne laissent jamais sortir toute la vapeur. Si elles s'ouvrent, c'est seulement quand la tension a dépassé un certain terme; or, comme elles retombent nécessairement dès qu'en s'affaiblissant peu à peu, l'élasticité est rentrée dans les limites fixées d'avance par l'ingénieur, la force motrice ne peut jamais manquer entièrement.

Les partisans des plaques fusibles mettaient au premier rang, dans les avantages dont ils les croyaient douées, l'impossibilité physique de les altérer: avec ce genre de soupapes, disaient-ils, on est entièrement à l'abri des imprudences des ouvriers. Il est très-vrai qu'alors toute surcharge, dans le sens littéral de ce mot, serait inutile; mais quand les chauffeurs veulent pousser le feu plus que de coutume, ils savent très-bien, pour prévenir la fusion de la plaque, diriger sur sa surface un courant continu d'eau froide, en sorte que de ce côté on pourrait bien n'avoir rien gagné (1).

Lames minces.

Une soupape de sûreté, celle de Papin comme la plaque fusible, n'est autre chose, tout bien considéré, que l'affaiblissement artificiel d'une certaine partie des parois de la chaudière. Cet affaiblissement, on a proposé de l'opérer en recouvrant de petites ouvertures faites *ad hoc*, avec des plaques de métal laminé, dont l'épaisseur devait être calculée de manière qu'elles se rompissent sous des pressions d'une, de deux, de

(1) M. Barrois croit qu'il y aurait grand avantage à placer les rondelles fusibles sur la chaudière même et vers le milieu. Les raisons qu'il en donne nous semblent bien fondées. Voy. son mémoire déjà cité. (N. du R.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trois, de dix atmosphères, suivant qu'on aurait arrêté de ne pas dépasser dans le travail deux, trois, quatre, onze de ces pressions. Il est évident que les éclats d'une plaque aussi petite et aussi mince n'occasioneraient jamais d'accident grave. Ce moyen, quelque spécieux qu'il puisse paraître, a été très-rarement employé, soit parce qu'il n'est pas très-aisé de déterminer expérimentalement, pour chaque diamètre du trou, l'épaisseur de la lame qui amenerait la rupture à telle ou telle autre pression donnée, soit parce qu'on ne pourrait pas répondre d'avoir toujours des lames identiques. La lame mince, quand elle est en place, se trouve, plus que la plaque fusible, hors des atteintes des ouvriers; on pourrait, il est vrai, l'affaiblir, mais jamais la fortifier, et c'est là l'important. A cet égard, les lames minces sont préférables aux lames fusibles; mais, malheureusement, elles ont, comme ces plaques, l'inconvénient de laisser échapper toute la vapeur quand elles éclatent.

Soupape manométrique.

Le tube manométrique, dont j'ai parlé plus haut, fait aussi l'office de soupape de sûreté; il est même, sous ce rapport, bien préférable et aux soupapes ordinaires et aux plaques fusibles. La soupape ordinaire n'indique rien tant qu'elle ne se lève pas; la plaque fusible, tant qu'elle ne se fond pas. Le chauffeur apprend tout-à-coup qu'on est arrivé à la pression-limite qu'il importe de ne pas dépasser, mais il n'avait point été averti qu'on en approchait; le manomètre, au contraire, lui donne à chaque instant la mesure de l'élasticité de sa vapeur; il parle également bien, si je puis m'exprimer ainsi, sous une faible et sous une forte pression.

La plaque de la soupape ordinaire peut avoir perdu toute mobilité sans qu'on le sache; tandis que s'il arrivait, par hasard, que des impuretés vinssent à boucher le tube manométrique, la complète immobilité du mercure le montrerait à l'instant. Il est clair, en effet, que dans un appareil aussi grand qu'une chaudière, et d'où la vapeur s'échappe par bouffées,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'élasticité ne saurait être parfaitement constante. Or, dès que la chaudière et le manomètre communiquent, toute fluctuation de la vapeur produit une oscillation dans la colonne mercurielle.

Les manomètres à mercure doivent donc être considérés comme les meilleures soupapes de sûreté qu'on ait inventées jusqu'ici, pourvu que leur diamètre soit suffisamment grand; toutes les fois qu'une longueur excessive ne les rend pas inapplicables, on pourra donc les regarder comme un préservatif assuré contre les accidens dont les soupapes ordinaires les mieux construites ou les plaques fusibles auraient garanti. Le lecteur connaîtra le motif de cette restriction, lorsque j'aurai montré, tout à l'heure, qu'il est des cas dans lesquels le soulèvement de la soupape peut être la cause de l'explosion.

Soupapes intérieures ou à air; leur objet.

Du moment où l'on allume du feu sous une chaudière, l'espace que l'eau ne remplit pas, renferme de l'air atmosphérique. Cet air, mêlé à la vapeur, passe peu à peu dans la machine que la chaudière alimente, et à la longue il est complétement expulsé. Les choses étant dans cet état, supposons que le travail soit interrompu, et qu'on laisse tomber le feu, la vapeur se précipitera graduellement à mesure que le refroidissement fera des progrès, et après un certain temps, l'espace qu'elle remplissait sera à peu près vide. Alors la chaudière se trouvera pressée de dehors en dedans par tout le poids de l'atmosphère, sans que rien à l'intérieur contrebalance cette action. Quand la condensation de la vapeur s'opère insensiblement, elle ne semble pas devoir donner lieu à des accidens, puisque les parois des chaudières les plus faibles ont dû résister, dans les épreuves préparatoires, à des pressions dirigées, il est vrai, de dedans en dehors, mais qui n'étaient pas de moins que de cinq atmosphères. L'événement, au contraire, pourait être grave, si la condensation avait lieu brusquement : par exemple, si un jet d'eau froide venait à traverser la vapeur; alors l'action de l'atmos-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

phère cessant d'être contrebalancée en un instant presque indivisible, produirait l'effet d'une percussion sur toute l'étendue des parois de la chaudière, et déterminerait, sans doute, l'un de ces écrasemens dont j'ai parlé.

C'est pour prévenir les accidens de ce genre qu'on a imaginé la soupape intérieure, connue aussi sous le nom de soupape à air. Cette soupape ne peut s'ouvrir que de dehors en dedans. Elle est maintenue par un ressort à spirale situé dans la chaudière, et dont la force surpasse à peine son poids; ou bien, elle se trouve comme suspendue horizontalement à un levier extérieur, disposé de manière que la plaque vienne toucher tout juste les parois intérieures de l'ouverture qu'elle doit boucher.

D'après cet arrangement, le ressort de la vapeur ne pourra devenir moindre que la pression atmosphérique, sans qu'aussitôt la soupape ne se baisse pour donner passage à l'air extérieur; ainsi quand le travail viendra à cesser, on n'aura plus à craindre qu'il se forme un vide dans la chaudière. Il me semblerait plus difficile d'affirmer que le même artifice préviendra infailliblement tout écrasement des parois, car ces accidens, comme nous l'avons vu, sont le résultat d'un affaiblissement considérable et brusque dans l'élasticité de la vapeur. L'action graduelle d'une soupape peut bien, dans ce cas, amoindrir le mal à un certain point, mais elle ne saurait l'empêcher; contre ce genre d'accidens il n'y a qu'un seul remède, il consiste à surveiller avec le plus grand soin les moyens d'alimentation, et à empêcher que jamais la chambre à vapeur de la chaudière ne soit subitement refroidie, comme cela arriverait par exemple, si une grande quantité d'eau froide venait à se répandre sur ses parois.

Nota. C'est surtout pour les chaudières à basses pressions, que sont utiles les renifflards ou soupapes intérieures. Les chaudières cylindriques sont peu exposées au danger d'un écrasement causé par la seule pression atmosphérique. Dans les faits cités par M. Arago, comme ayant eu lieu à Lyon et à St.-Etienne, les chaudières étaient celles de Watt, et non à haute pression.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les écrasemens des chaudières à foyer intérieur s'expliqueraient tout aussi aisément, si nous pouvions expliquer que quelquefois il se forme subitement un vide dans le petit cylindre ; mais comme ce cylindre ne renferme pas de vapeur, comme il est seulement le foyer et la cheminée de la machine, on aurait eu peut-être quelque peine à découvrir comment un vide peut s'y produire, si les circonstances de l'explosion aux Mold-Minesn'avaient mis sur la voie.

On doit se rappeler qu'au moment de l'accident, la porte du foyer était ouverte ; qu'au contraire, le registre de la cheminée venait d'être fermé; qu'après cette dernière opération, une brusque bouffée de flamme sortant du foyer s'élança vers l'atelier, et que l'explosion suivit immédiatement.

Avec la porte du foyer ouverte, la combustion était certainement peu active, et le courant d'air qui s'élevait par la cheminée, devait se trouver à peine altéré chimiquement. Quand ensuite on ferma le registre, l'air n'afflua plus, il est vrai, mais celui que la cheminée renfermait déjà y resta confiné. Or, le charbon n'étant pas encore éteint, le gaz qu'il contenait continua à se dégager et à se mêler avec l'air de la cheminée ; sa proportion devint bientôt assez forte pour rendre le mélange inflammable ; il s'alluma donc, s'échappa tout en feu par la seule issue qui lui fut ouverte, c'est-à-dire par la porte du foyer, et en un instant le petit cylindre dut se trouver bientôt vide, comme le sont les corps de pompe des machines de M. Brown, après l'inflammation toute semblable qu'il y fait naître, du moins rempli de gaz très-raréfié.

Je me trompe fort, ou cette explication de M. John Taylor donne la véritable clé des fréquens écrasemens qu'éprouvent les petits cylindres dans les chaudières à foyer intérieur. Il importe donc, quand on emploie ce genre d'appareil, de s'abstenir de fermer le registre, tant que le charbon n'est pas éteint. De mesquines raisons d'économie ne sauraient prévaloir quand il y a un danger aussi évident, et ce danger, on doit maintenant le comprendre, ne saurait être prévenu par des soupapes intérieures analogues à celles des chaudières ordinaires.

(*Suite au prochain Cahier.*)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TRAVAIL

Du fer a l'anglaise. Marteaux et cylindres.

Le perfectionnement apporté par Ehaseldeen, dans le travail du fer, par la substitution des cylindres aux martinets qui servaient à cingler et forger en barres, s'est répandu dans le pays où il a pris naissance, de telle sorte qu'il constitue l'un des principaux caractères du procédé d'affinage *dit à l'anglaise*. Ce procédé beaucoup plus expéditif, s'étant depuis quelques années naturalisé en France, et continuant à se répandre, malgré les répugnances de quelques maîtres de forges qui soutiennent que le fer ainsi obtenu, ne possède jamais les qualités de celui qu'on forge au martinet, nous croyons rendre service à cette industrie en publiant, avec tous les détails de construction nécessaire, les divers cylindres et les marteaux employés dans les affineries anglaises et qui ont été construits à la fonderie du Creusot, par MM. Wilson et Manby.

Nous ne nous arrêterons pas aujourd'hui à constater la supériorité de cette méthode d'étirage, sur l'ancien procédé, la grande économie de temps qu'elle procure, etc.; on peut consulter à cet égard l'ouvrage de M. Élie de Beaumont et Dufrenoy, les mémoires publiés dans les Annales des Mines, etc.; mais cependant nous exprimerons avec franchise la conviction où nous sommes, que tous les maîtres de forges seront les uns après les autres dans l'obligation d'adopter les méthodes nouvelles, à peine de ne pouvoir soutenir la concurrence et d'être forcés à interrompre leurs travaux.

Avant d'entrer dans l'explication des appareils, il est à propos de résumer en peu de mots le procédé de l'affinage à l'anglaise, dont quelques parties sont subordonnées à l'emploi des cylindres à comprimer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les pièces de fonte ou saumons (*pigs*), sont d'abord soumises àun premier affinage dans des foyers (*Finery Heart*), chauffés au coke. La forme de ces foyers est celle des renardières ou des fourneaux de Mazage qu'ils remplacent. Leurs dimensions varient quelquefois ; les suivantes sont indiquées généralement.

Massif en maçonnerie de briques,	9 pieds en carré.
Élevation au-dessus du sol d'après M. Gayet,	9 pouces 1|2.
Profondeur du creuset rectangulaire,	2 pieds 1|2.
Côté du creuset parallèle à la face des tuyères,	3 pieds.
Le plus petit côté,	2 pieds.

Ce creuset est en fonte (1), le fond et le laiterol sont formés de plaques, les trois autres côtés sont formés par les parois de bacs dans lesquels circule de l'eau froide pour empêcher leur fusion ; le côté du foyer de la rustine et celui du laiterol sont ouverts jusqu'à la cheminée à laquelle sont fixées à la hauteur de 1 mèt. 35 mill. au-dessus de la sole des plaques de tôle à charnières qu'on tient baissées pendant le travail. Les deux côtés correspondans à la varme et au contrevent des renardières sont en maçonnerie et contiennent chacune deux tuyères en fonte et à double enveloppe. Entre ces deux enveloppes, on fait circuler un jet d'eau froide. L'inclinaison des tuyères est de cinq degrés. Le creuset est percé d'un trou fermé pendant le travail par du sable et du fraisil. Il communique avec un canal d'un mètre de largeur et de 20 centimètres de profondeur, sur 3 mètres environ de longueur.

Pour mettre en feu, on garnit le fond du creuset du côté du chio et de la rustine, on jette cinq ou six paniers de coke et

(1) Nous empruntons la description de ce foyer de finerie au mémoire de M. Gayet, sur le travail du fer à Seraing, publié dans les archives de la Société des Sciences naturelles, à Liége. Ce mémoire, qui contient des renseignemens précieux, a, en plusieurs endroits, beaucoup d'analogie avec le travail de MM. Elie de Beaumont et Dufrenoy, lesquels, du reste, sont fréquemment cités.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'on place devant l'une des tuyères quelques morceaux de houille qu'on allume avec un peu de bois et des charbons, et en donnant un peu de vent. On remplit petit à petit le creuset de Coke, en ménageant le vent, puis on charge le métal. D'après MM. Élie de Beaumont et Dufrenoy, la charge se compose de six saumons de fonte à affiner : savoir, quatre placées parallèlement aux quatre côtés, et deux placés au milieu par-dessus les premiers. On recouvre le tout d'un amas de coke, et selon les mêmes auteurs, c'est alors seulement qu'on met le feu. On ne brasse pas le métal fondu, mais au bout de deux heures on fait la percée. Le métal coulé en plaque est à l'instant refroidi avec plusieurs seaux d'eau froide, qui le rend cassant. Les scories viennent à la surface et forment une croûte qu'on perce en plusieurs endroits avant l'entière solidification, pour faciliter l'écoulement des scories intérieures. Quand la plaque est solidifiée, on brise la croûte des scories, on partage la plaque en deux ou trois parties et on la transporte pour être mise en morceaux du poids de 12 à 15 kilogrammes, qui sont ensuite soumis à l'action du fourneau à puddler. Ce fourneau et le procédé ayant été décrits dans l'*Industriel*, vol. 6, page 357, nous nous abstiendrons d'y revenir aujourd'hui ; rappelons seulement qu'on y emploie la houille non carbonisée.

La charge du foyer d'affinerie est de 12 à 1500 kilog. de fonte. Si l'on en croit M. Gayet, à Seraing, on la compose non-seulement de fonte de haut fourneau, mais encore de vieille fonte, d'objets hors de service, etc., et l'on jette sur le coke qui recouvre la charge quelques pelletées de scories.

La perte est signalée comme étant de 12 à 17 pour cent.

La quantité de houille est de 200 à 250 kil. pour 1015 kil. de fonte ; à Seraing, on emploie 43 pour cent de houille. Quand la loupe est formée au fourneau à puddler, on la traîne sur des plaques pour être cinglée sous les marteaux ou entre deux cylindres à cannelures elliptiques, si l'on ne doit pas se servir de marteau.

Comme le fer obtenu dans les usines où le premier travail

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ou le cinglage se fait entre deux cylindres, est reconnu par tous les fabricans comme d'une qualité inférieure, comme ce fer conserve une quantité de scories beaucoup plus grande que celui qui a été cinglé au marteau, sous le choc duquel les laitiers peuvent jaillir de toutes parts, nous remplacerons la description et la représentation des cylindres à cannelures elliptiques, ou *espatards*, par celles des marteaux employés à cingler.

Description des marteaux servant à cingler la loupe.

Planche 4. Élévation de l'ensemble des marteaux, des enclumes et de la plate-forme sur lesquelles ils reposent.

Planche 5. Plan de la figure précédente.

Sur les massifs en maçonnerie A et sur le fond A' qui les réunit et qui doit offrir une très-grande solidité, sont établies plusieurs rangées de madriers B disposés en croix, et qui forment un grillage destiné à faire ressort et à amortir les chocs et les ébranlemens produits par l'action des pièces qu'ils supportent.

C'est sur ces plates-formes que sont placés les marteaux et les souches des deux enclumes. La violence des chocs se faisant surtout ressentir sous les enclumes, la plate-forme sur laquelle elles reposent, est composée de quatre rangées de madriers.

C, marteaux. Leur manche D se termine par deux oreilles E qui sont à couteaux et qui reposent sur les supports F dont nous donnerons plus bas les détails.

G, panne des marteaux. Elle se compose de plusieurs plans en retraite et destinés à conserver des épaisseurs variées à la loupe, et à lui faire subir des compressions graduées. Cette partie du marteau porte une queue conique qui entre à frottement dans un trou de même forme que porte la tête C du marteau, où elle est maintenue par des coins.

H, souches des enclumes. Elles posent sur une semelle de fonte I réunie à la plate-forme. Sa forme est un parallélipipède.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'usage de la semelle de fonte est de garantir les poutres de la plate-forme de la prompte détérioration qu'elles éprouvent.

J, panne de l'enclume. Elle est, de même que celle du marteau, formée de plusieurs plans en retraite qui correspondent aux mêmes plans dans la panne du marteau. Elle entre aussi à frottemens dans la souche où elle est retenue par des coins (*Voy.* les lignes ponctuées.)

K, cylindre en fonte portant des cames L en cuivre rouge, retenues par des coins. La moitié de ces cames placée dans un plan plus rapproché sert à soulever le marteau de gauche. L'autre moitié sert à soulever celui de droite. On voit planche 5, que les marteaux ne sont pas dans le même plan. La manière dont est disposée la courbe des cames, démontre assez que le cylindre tourne dans un sens ou dans l'autre, selon que c'est l'un ou l'autre marteau qui doit travailler.

M, arbre du porte-cames.

N O, paliers sur lesquels reposent les extrémités de l'arbre M.

Le palier N porte des coussinets en cuivre. Il pose sur une semelle de fonte P.

Q, Grande roue montée sur l'arbre M et prenant son mouvement sur un pignon de l'arbre du moteur.

Détails des paliers.

F, trépied en fonte encastré dans la pièce R solidement fixée à la plate-forme B de la même manière que la semelle de fonte I de la souche de l'enclume; ces deux pièces sont souvent fondues ensemble.

a, feuillures ou joues parallèles doubles sur chaque extrémité du trépied, réunies par derrière, et entre lesquelles se placent les pièces mobiles qui servent de coussinets aux couteaux E.

b, pièce en fonte servant de coussinet.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette pièce pose de chaque côté sur une portée ménagée entre les joues *a*.

De chaque côté du coussinet *b* se trouve une calle *d* mobile aussi bien que toutes les autres pièces. On peut les placer toutes deux du même côté, lorsqu'il est nécessaire de changer la direction du manche du marteau pour faire porter sa tête sur un point différent de la panne de l'enclume.

Dans la paroi qui réunit les deux joues *a* parallèles se trouve une ouverture par laquelle il est facile de dégager les cales *d*.

La loupe ou balle soudée à une barre de fer que l'ouvrier a fait rougir au puddling furnace, est traînée, comme nous l'avons dit, jusque sous le marteau. On la place d'abord sur le plan de la panne de l'enclume, la plus éloignée du marteau, afin qu'elle ne soit pas exposée de suite à une pression trop forte, qui la diviserait et la ferait jaillir en éclats. On la retourne pour l'exposer à l'action du marteau sous toutes ses faces. Lorsqu'elle a été cinglée plusieurs fois, l'ouvrier marteleur saisit le moment de courber avec dextérité son ringard, ce qui lui donne la facilité de présenter la pièce au choc suivant dans le sens de sa longueur. De cette manière il parvient à souder les extrémités aussi bien que le reste de la pièce, et l'on n'est pas obligé de rogner la barre forgée d'une aussi grande quantité

Le temps du martelage varie selon les usines. Dans le Staffordshire, il dure deux minutes ; mais on cingle deux loupes à la fois sur les différens plans de la panne. A Seraing il n'est que de 40 à 50 secondes. (*La suite au proch. Cah.*)

MÉCANISME

Propre à mettre en mouvement deux pilons, etabli par M. GALARDON *chez* M. DELONDRE, *pour triturer les matières dures.*

La disposition du mécanisme permet de communiquer un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mouvement ascensionnel de 0,49^{m} à deux pilons en fer ou en fonte pesant chacun 30 kilog. et agissant alternativement On obtient ce résultat avec peu de force, soit par un mouvement circulaire continu, soit par un levier double horizontal, soit encore au moyen des oscillations d'un pendule terminé par une lentille pesante ou par une sphère.

La simplicité de l'appareil a permis d'isoler la force motrice de l'appareil fonctionnant. On peut les séparer par un chassis vitré ou par une cloison. Cette disposition était indispensable à la sûreté des employés qui ne sont pas exposés à respirer des poussières de matières nuisibles.

Pl. 6, fig. 1re. Élévation de face.

Fig. 2. Coupe suivant X Y de fig. 1re.

A, bâti en bois.

B, volant en fonte de fer monté sur un arbre rond, C, en fer forgé. L'arbre C porte deux manivelles D et E; la première, avec une poignée en bois pour l'application de la force motrice, la deuxième, articulée pour recevoir la bielle F qui sert d'intermédiaire entre le mécanisme inférieur et les parties supérieures de l'appareil.

G, levier monté sur l'arbre H et articulé à la bielle F. L'arbre H est aussi en fer forgé.

I, levier double ou du premier genre, monté comme le levier G sur l'arbre H. Il porte des mouffles garnis de leurs boulons sur lesquels on fixe les courroies K. L'autre extrémité de chacune des courroies ci-dessus est fixée à l'un des petits secteurs L.

M, grands secteurs en fonte montés sur le même arbre que les petits secteurs L, et servant à relever les pilons. La courroie N des pilons est fixée à chacun des grands secteurs M.

O, rochets à une dent montés sur chacun des arbres des deux secteurs.

P, échappement à double accroche qui s'engage dans les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rochets O et sert alternativement à suspendre et à dégager chacun des pilons.

Q, pilons à tiges moufflées suspendus par les courroies N aux grands secteurs.

R, guides en fonte de fer garnis de coussinets en cuivre, servant de prisons aux tiges des pilons.

S, mortiers en fonte de fer,

Dans la position indiquée sur la planche, le pilon Q est suspendu et ne peut retomber, parce que l'échappement P est engagé contre la dent du rochet O. L'autre pilon est au bas de sa course.

La bielle F est à la plus grande hauteur qu'elle puisse atteindre, ce qui est visible, puisque la manivelle E et la bielle sont sur une même droite.

Le moteur appliqué à la manivelle D, en faisant faire au volant B, à l'arbre C et à la manivelle E une demi-révolution amènera la bielle à la position la plus basse qu'elle puisse occuper. Le bras G lié à la bielle et aussi à l'arbre H aura entraîné le levier I dans son mouvement et le pilon Q se trouvera relevé. Le bras opposé du levier I aura remonté au contraire, et la courroie qui y est unie sera détendue. Alors, à la fin du mouvement, la dent du rochet O appuiera sur l'échappement et le pilon Q descendra de tout son poids.

La demi-révolution suivante agissant en sens inverse fera remonter la bielle à la place où elle est dessinée et les mêmes mouvemens auront lieu de la même manière pour le pilon opposé.

On a indiqué dans la figure le balancier ou pendule T qui peut servir à donner le mouvement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MOYEN

De mesurer la force de pression de quelques machines.

Par M. Bevan.

M. Bevan, dont le nom est bien connu à toutes les personnes qui s'occupent de l'application aux arts des principes des sciences, et à qui l'on doit de nombreux travaux sur la résistance des solides et particulièrement sur celle des bois, a publié un moyen d'évaluer la pression de diverses machines avec une exactitude assez grande, dit-il, pour dispenser les mécaniciens d'avoir recours aux instrumens employés ordinairement, et qui ne peuvent pas être commodément mis en usage dans un espace restreint.

Si l'on prend une balle de plomb d'un diamètre déterminé, qu'on l'expose entre deux plaques d'un métal doué d'une dureté plus grande, et qu'on rapproche parallèlement ces plaques par une certaine force, la balle se comprimera des deux côtés opposés de la même quantité, quelle que soit celle des deux plaques qu'on ait fait mouvoir; pourvu que le plomb soit pur, ou qu'il soit identique pour plusieurs expériences, le même degré d'aplatissement de la balle indiquera le même degré de pression.

Il sera facile, à l'aide d'une presse à levier, graduée, d'établir une échelle des pressions, dont les degrés correspondent aux divers degrés de compression de la balle soumise aux expériences, jusqu'à son entier aplatissement, c'est-à-dire jusqu'à ce que cette balle soit réduite en un disque, par exemple, d'un cinquième de ligne d'épaisseur. L'expérience démontre qu'une balle d'environ 5/8 de pouce de diamètre exige l'effet d'une force égale à 4000 livres pour être réduite en un disque semblable à celui ci-dessus.

Supposons donc que nous ayons à mesurer une pression que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nous conjecturons d'avance devoir être d'environ 20 tonneaux : il faudra placer 10 à 12 de ces balles à des distances convenables et de manière à ce qu'elles ne soient pas exposées à se toucher en s'aplatissant; puis, après l'effort, mesurer avec un instrument convenable le degré de compression de chacune des balles, soit par l'épaisseur qui leur reste, soit par le diamètre qu'elles ont acquis; enfin nous ajouterons toutes ces compressions évaluées en degrés de notre échelle.

On conçoit qu'il est aussi facile de déterminer d'avance la force qui sera nécessaire pour opérer sur un objet quelconque une pression déterminée; il suffira, par exemple, dans une presse à levier, de faire l'expérience avec des balles dont l'aplatissement sera l'expression de la pression désirée, et de noter les poids ou l'effort nécessaire pour produire cet effet. Par ce moyen, M. Bevan s'est assuré que la somme des frottemens dans une presse à vis en fer, à filets carrés, est d'environ les 3/4 de la force motrice, ou, en d'autres termes, que la *pression utile* n'a pas excédé 4 à 5 tonneaux, tandis qu'elle eût été de 20 tonneaux, s'il n'y avait pas eu de frottemens.

Plus le diamètre de la sphère de plomb est grand, plus la force nécessaire à son aplatissement augmente, ce qui est facile à concevoir; mais nous regrettons que M. Bevan n'ait pas dit quelle est la loi de cet aplatissement, si la force nécessaire croît comme le carré des diamètres par exemple.

Il est vrai qu'il annonce qu'une balle de 1/8 de pouce exige un poids de 100 livres pour son entier applatissement; or, comme il a dit plus haut que l'aplatissement complet d'une balle de 5/8 de pouce exige une force de 4000 livres, il paraît que la force croît dans un rapport fort grand, puisqu'une balle cinq fois plus grosse a exigé une force quarante fois plus grande. Les expériences de M. Bevan peuvent mettre sur la voie pour déterminer une loi exacte.

M. Bevan conseille, avant de se servir des balles, de leur faire une petite impression avec un marteau, afin qu'elles ne soient pas exposées à rouler et à tomber d'entre les plaques où il est utile qu'elles soient maintenues. Cette opération préli-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

minaire n'altère nullement le résultat, puisque c'est la pression extrême qu'on a pour but de chercher et qu'elle ne peut être affectée par une pression plus légère. Cette propriété laisse l'avantage de se servir plusieurs fois des mêmes balles, pourvu toutefois que les dernières pressions cherchées soient toujours plus fortes que celles qu'on a trouvées par l'expérience. Il en est ici de même que pour le pyromètre de Wedgwood qui peut servir à chercher des températures de plus en plus élevées.

L'application des balles, pour déterminer la force de pression, n'empêche en aucune manière l'opération régulière de la presse. On peut placer en même temps, sous son action, et les balles et le corps qu'on veut soumettre à la pression; on sait ainsi quel degré de pression le corps a supporté.

DES QUANTITÉS

D'ACTION NÉCESSAIRES POUR PRODUIRE DIVERS EFFETS DYNAMIQUES.

On sait que, dans l'emploi des machines, il est une règle à laquelle il faut obéir, pour obtenir les résultats les plus satisfaisans. Cette règle, qui est de la dernière importance, peut s'énoncer ainsi : *faire en sorte que l'effort de la résistance soit tel, qu'il soit en équilibre statique avec l'effort du moteur correspondant au maximum d'effet* (1). Pour remplir cette condition, il serait bien nécessaire de connaître *à priori* la force qu'il faut employer pour vaincre telle ou telle résistance, pour produire tel effet dynamique. Mais cette connaissance ne suffirait pas encore pour aider à l'application du principe ci-dessus, pour l'établissement d'un moteur propre à produire l'effet désiré; il faudrait encore qu'on eût apprécié par des expériences multipliées quelle est la perte du travail consommé depuis

(1) Rapport fait à l'Institut sur l'ouvrage de M. Coriolis.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

e moteur jusqu'à sa transmission à la partie travaillante de l machine. Il faudrait, par conséquent, sans parler du poids des pièces, de leur échauffement, de la torsion des arbres, etc., qu'on pût faire au juste l'évaluation des frottemens sans cesse variables dans les engrenages, soit à cause des variations dans la vitesse, soit à cause de l'insuffisance des moyens de construction des roues d'engrenage, qui ne permettent pas de donner à la courbure des dents la forme déterminée par le calcul pour la plus grande diminution des frottemens, c'est-à-dire pour que les arcs de glissement soient le plus petits possibles, et que les pressions soient en même temps réparties sur le plus grand nombre de points.

Cette cause de perte varie donc sans cesse et ne peut être évaluée que par des expériences faites sur la machine même pour laquelle on la recherche; elle peut différer considérablement par deux machines de même espèce, dans lesquelles on a employé les mêmes communications de mouvement, les mêmes engrenages; elle sera plus ou moins grande, selon l'habileté du constructeur, et le soin *minutieux* avec lequel seront exécutées les diverses parties qui concourent à l'effet qu'on a en vue, etc.

Une autre cause de perte, qui est loin d'être sans importance, est celle qui est produite par les ébranlemens des parties voisines du moteur ou plus souvent encore de l'outil. On comprend en effet, que si l'action est produite par un certain effort, toute la force employée à mettre en mouvement les parties circonvoisines, à produire les ébranlemens, les chocs dans les planchers, etc., est employée en pure perte. Le constructeur doit donc s'attacher, s'il veut obtenir l'effet dynamique qu'il recherche, avec le moins de dépense de force possible, à donner aux diverses parties de la machine et des bâtimens une disposition telle que les ébranlemens se fassent le moins ressentir. Il est des circonstances cependant, où les ébranlemens ne sauraient être évités, et où, par conséquent, la force employée à les produire doit être considérée comme faisant partie de celle qui est destinée à produire l'effet utile. C'est ce qui arrive lorsqu'il s'agit de briser des masses par un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

choc considérable. Loin d'être retranchée de la somme du travail nécessaire à l'effet, cette force doit y être ajoutée, au moins jusqu'à ce que, par une disposition mieux entendue, on soit parvenu à la rendre inutile. Il est même des cas, où, loin de pouvoir diminuer les ébranlemens, on est obligé de les augmenter, pour ainsi dire, au lieu même où le choc a lieu, afin de les amortir pour le reste des bâtimens. C'est à cet usage qu'est destinée la plate-forme de madriers posés en croix et faisant ressort, placés sous les enclumes et les marteaux destinés au cinglage de la loupe dans les usines à l'anglaise, et dont nous avons donné la description et la représentation dans le présent cahier, *voy.* page 77 et planches 4 et 5. Il est clair qu'avec cette disposition, il devient nécessaire de donner au marteau, pour produire l'effet voulu sur la loupe ou la barre exposée à son action, une force plus grande que si l'enclume posait sur un obstacle inébranlable, et l'on ne saurait guère douter de l'addition considérable de force dont il faut douer le moteur pour obtenir sur la plate-forme les résultats qu'on désire, pour purger enfin la loupe des laitiers qu'elle renferme et la comprimer, si l'on considère qu'il ne faut pas plus de six mois pour que les madriers, qui forment le grillage, soient réduits à des fibres ligneuses sans aucune adhérence entre elles. Mais, par cette disposition, on évite les ébranlemens, autrement inévitables, des bâtimens et des machines circonvoisines, et l'on trouve une grande économie dans l'emploi de la plate-forme, malgré la prompte destruction des madriers, et l'augmentation de force qu'on est obligé de donner au moteur.

D'après ces considérations, on voit que ce n'est pas chose aisée que de déterminer la force nécessaire pour produire certain effet, et que ce n'est pas d'un petit nombre d'expériences qu'on peut s'attendre à retirer des évaluations assez exactes. Mais c'est à l'aide du concours de tous les hommes qui s'occupent de constructions, de tous les ingénieurs éclairés, c'est au moyen d'observations faites en grand nombre et avec discernement, qu'il sera possible d'arriver à quelques résultats

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

satisfaisans, et à dresser des tables qui pourront être de la plus grande utilité pour aider les constructeurs dans leurs combinaisons.

M. Coriolis, dans son excellent ouvrage sur l'effet des machines, présente comme modèles, des tableaux composés d'après les renseignemens que lui ont fournis plusieurs ouvrages, et M. Clément, professeur de chimie appliquée, au Conservatoire royal des Arts et Métiers; M. Benoist, ingénieur civil, et M. Mallet, ingénieur en chef des eaux de Paris: nous mettons ces tableaux sous les yeux de nos lecteurs. Les résultats qu'ils renferment, sans qu'on puisse les considérer comme bien précis, seront cependant de quelque utilité, et les nombres qu'ils donnent, comparés à ceux que l'expérience de nos lecteurs peut les avoir mis à même de recueillir, pourront amener à former des tables de plus en plus exactes et complètes.

Dans un prochain cahier nous donnerons, d'après M. Coriolis, les moyens qu'il croit le plus propre d'employer pour évaluer la force transmise à une partie quelconque de la machine, et par conséquent pour arriver à connaître avec la plus grande exactitude qu'il est possible d'atteindre, le travail nécessaire pour obtenir un effet dynamique quelconque.

M. Coriolis exprime le travail dynamique, ou la quantité d'action en *dynamodes* ou 1000 kil. élevés ou descendus d'un mètre. Il sera facile aux personnes habituées à compter par force de cheval, de faire les réductions. M. Coriolis évalue cette dernière force à 0 *d*, 075 par seconde, c'est-à-dire à 75 kil. élevés à un mètre. Il évalue de la même manière le travail de l'homme à 7 kil., 50 par seconde, élevés à un mètre, c'est-à-dire au dixième du travail du cheval.

H. Dussard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU des quantités de travail dynamique nécessaire pour pro-duire divers effets utiles; ces quantités étant mesurées comme il est indiqué dans la deuxième colonne.

NATURE ET QUANTITÉ des effets à produire.	SUR quelle partie DE LA MACHINE on évalue le travail moteur, ou le travail résistant.	TRAVAIL DYNAMIQUE, exprimé en dynamodes, ou 1000 kil. élevés ou descendans de 1m,00.	INDICATIONS des observations ou DES AUTEURS qui ont cité les résultats. — *Remarques particulières.*
Mouture du blé.			
Un hectolitre de blé, ou 75 kilog. de blé à moudre assez grossièrement dans un moulin à vent.	Travail résistant sur l'arbre qui porte les ailes.	301 d.	On a obtenu le travail par la théorie, en rectifiant le résultat d'après les expériences de Coulomb pour des élémens peu différens de ceux qui ont fourni ce travail.
Un hectolitre de blé, ou 75 kilog, à moudre à la grosse dans des moulins ordinaires.	Travail résistant sur l'arbre qui porte la meule.	419 d.	Moyenne adoptée par M. Navier, entre plusieurs observations.
Idem.	Travail résistant sur l'arbre de la roue hydraulique.	611 d.	Observations de M. Hachette aux moulins de Corbeil.
Un hectolitre de blé, ou 75 kilog. à moudre et remoudre sur gruau.	Travail résistant sur l'arbre qui porte la meule.	628 d.	Estimé approximativement par M. Navier, comme exigeant une moitié en plus du travail pour moudre à la grosse.
Idem, le moteur étant une chute d'eau.	Travail résistant sur l'arbre de la roue hydraulique.	916 d.	Estimé approximativement par M. Hachette, comme exigeant aussi une moitié en sus du travail pour moudre à la grosse.
Un hectolitre de blé, ou 75 kilog. à mondre suivant le système anglais, dans des moulins mus par une machine à vapeur.	Travail résistant sur l'arbre du volant.	802 d.	Observation citée par M. Farey : le résultat est déduit du produit connu de la machine, en travail dynamique.
Idem.	*Idem.*	813 d.	Suivant MM. Cazalis et Cordier, constructeurs de machines à Saint-Quentin ; résultat déduit comme le précèdent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NATURE ET QUANTITÉ des effets à produire.	SUR quelle partie DE LA MACHINE on évalue le travail moteur ou le travail résistant.	TRAVAIL DYNAMIQUE exprimé en dynamodes, ou 1000 kil. élevés ou descendus de 1m,00.	INDICATIONS des observations ou DES AUTEURS qui ont cité les résultats. — *Remarques particulières.*
Un hectolitre de blé, ou 75 kilog. à moudre et remoudre sur gruau, dans un moulin mu par une chute d'eau, à l'aide d'une roue à augets.	Travail moteur dû à la descente de l'eau du niveau du bief supérieur au niveau du bief inférieur.	1022 d.	Moyenne de deux observations de M. Mallet, l'une à Pontoise, l'autre à Vast.
Battage et vannage du blé.			
Un hectolitre de blé, ou 75 kilog. à retirer des gerbes tout vanné, à l'aide d'une machine.	Travail résistant sur l'arbre de la première roue motrice.	40 d.	Résultat des observations de M. Fenwick, citée par M. Navier.
Fabrication de l'huile.			
Un kilogramme d'huile à retirer de l'écrasement par le choc, et de la pression des graines écrasées à l'aide de pilons mus par un moulin à vent.	Travail résistant sur l'arbre qui porte les ailes.	146 d.	Observations de Coulomb. Ce travail comprend-il des pertes dues au choc des pilons contre les cames ?
Pour produire le même effet, à l'aide d'un écrasement sans choc et de la pression des graines écrasées, le moteur étant une machine à vapeur.	Travail résistant sur l'arbre du volant.	34 d.	Résultat approximatif conclu de la consommation de charbon pour les machines de M. Hall.
Idem, suivant une autre observation.	*Idem.*	25 d.	Observation donnée par M. Clément.
Sciage des matériaux.			
Mètre carré de sapin à scier par une machine à vapeur.	Travail moteur sur l'arbre du volant.	60 d.	Résultat donné par M. Clément.
Mètre carré de chêne vert à scier à bras d'hommes.	Travail résistant sur la scie.	43 d.	Résultat donné par M. Navier.
Mètre carré de chêne vert à scier, en employant une chute d'eau à l'aide d'une roue à palettes non emboîtées.	Travail moteur dû à la chute d'eau.	129 d.	*Idem.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NATURE ET QUANTITÉS des effets à produire.	SUR quelle partie DE LA MACHINE on évalue le travail moteur, ou le travail résistant.	TRAVAIL DYNAMIQUE exprimé en dynamodos, ou 1000 kil. élevés ou descendans de 1m,00.	INDICATIONS des observations ou DES MOTEURS qui ont cité les resultats. — *Remarques particulières.*
Mètre carré de chêne sec à scier à l'aide d'une machine, le trait de scie ayant 0,003 à 0,004 d'épaisseur.	Travail résistant sur la scie.	63 d.	Suivant M. Coste, résultat déduit d'observations faites à Metz.
Mètre carré d'orme à scier, le trait de scie ayant 0,003 à 0,004 d'épaisseur	*Idem.*	71 d.	*Idem.*
Mètre carré de pierre de roche des environs de Paris, ou mètre carré de marbre, à scier par des hommes.	Travail résistant sur la scie.	295 d.	Résultat donné par M. Navier.
Mètre carré de granit à scier par des hommes.	*Idem.*	2069 d.	*Idem.*

Dans un prochain cahier, nous donnerons la fin de cette table, qui comprend les observations faites pour la fabrication du tan, celle du papier, la filature du coton, celle de la laine, le tir des projectiles, le laminage du fer, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

RECHERCHES

De MM. Dulong et Arago sur les forces élastiques de la vapeur d'eau à de hautes températures.

La table qu'on possédait sur les températures correspondantes aux différentes pressions de la vapeur, bien qu'elle eût été approuvée par l'académie, ne reposait pas sur des expériences directes, elle avait été déduite par interpolation de toutes les expériences qui paraissaient mériter la confiance, soit par l'habileté des observateurs, soit par la nature des méthodes d'observation. Cette table, d'ailleurs, ne donnait de rapports que jusqu'à la tension de huit atmosphères. Il était donc important, non-seulement de vérifier par l'expérience les nombres qu'elle présentait, mais encore de pousser les recherches plus loin, et de déterminer les températures correspondantes aux pressions les plus fortes qui puissent être employées dans les arts.

MM. Dulong et Arago ont été chargés de ce travail difficile par l'académie des sciences. Sans appréhender les dangers auxquels ils s'exposaient, ils ont vérifié par l'expérience la température de la vapeur, jusqu'à l'énorme pression de vingt-quatre atmosphères. Le résumé de leurs expériences forme le complément naturel de la notice de M. Arago sur les explosions.

La commission désirant donner à son travail toute la perfection que comporte et que réclame l'état actuel de la science, rejeta comme inexact le procédé qui consiste à évaluer la force élastique de la vapeur à l'aide d'une soupape chargée de poids, et résolut, malgré la difficulté d'une pareille entreprise, de recourir à la mesure directe de la colonne de mercure, qui ferait équilibre à l'élasticité de la vapeur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsque l'élasticité n'excède pas un petit nombre d'atmosphères, la mesure immédiate de la colonne liquide qu'elle peut supporter ne présente aucune difficulté; mais dans ce cas, comme il s'agissait d'évaluer des pressions de vingt à trente atmosphères, on avait à soutenir dans un tube une colonne de mercure de 70 à 80 pieds d'élévation, et il fallait que ce tube fût de verre pour être facilement observable sur tous les points.

Cet énorme tube une fois construit, l'appareil aurait pu se réduire à deux parties essentielles : une chaudière destinée à fournir la vapeur et un tube de verre employé à soutenir la colonne mercurielle; mais il était à craindre que l'augmentation trop rapide de la puissance de la vapeur, et surtout la diminution instantanée qui devait suivre l'ouverture de la soupape de sûreté, n'occasionassent des chocs analogues à ceux du bélier hydraulique, ce qui aurait pu compromettre les parties les plus fragiles et entraîner l'effusion et la perte d'une masse considérable de mercure. La prudence commandait de se mettre à l'abri de cet accident.

Pour l'éviter, on résolut de ne pas mettre la colonne de mercure immédiatement en rapport avec la vapeur; mais de se servir d'un instrument intermédiaire, d'un manomètre, qui donnât exactement les mêmes indications que la colonne de mercure elle-même, sans exposer aux mêmes inconvéniens.

Les opérations relatives à la mesure de la tension de la vapeur furent donc précédées d'une opération préliminaire qui consistait à s'assurer exactement du degré d'élasticité qu'acquiert l'air dont le volume était réduit dans une proportion déterminée. Une masse d'air déterminée fut donc soumise à des pressions successivement croissantes depuis une jusqu'à vingt-quatre atmosphères. On nota avec exactitude le volume qui correspondait à chacune de ces pressions, et dès-lors on put substituer à la colonne si embarrassante de mercure cette masse d'air dont les différens volumes représentaient avec la plus parfaite exactitude des poids déterminés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette opération préliminaire qui, par suite de circonstances locales, est devenue plus tard d'une nécessité absolue, a permis de plus de vérifier exactement l'une des lois les plus utiles de la physique, la loi de *Mariotte*.

Le tableau dressé par les commissaires présente les résultats de 39 expériences faites sur la même masse d'air, soumises à des pressions comprises depuis 1 jusqu'à 27 atmosphères. Tous ces résultats s'accordent avec la loi Mariotte.

On peut donc regarder la loi de compression de l'air atmosphérique comme étant vérifiée directement jusqu'à 27 atmosphères ; et l'on pourrait sans doute en reculer beaucoup les limites sans erreur notable.

La mesure exacte des températures élevées de la vapeur exige des précautions dont l'oubli a entraîné quelques observateurs dans des erreurs considérables.

La première précaution consiste à tenir compte du refroidissement produit par l'air atmosphérique sur la partie du thermomètre qui reste placée en dehors de la chaudière. On ne peut le faire avec exactitude qu'en tenant la totalité de cette partie à une température constante, et c'est ce qu'on a fait.

La seconde à ne pas exposer immédiatement à la pression de la vapeur le thermomètre qui sert à en évaluer la température, surtout quand cette pression est très-forte, car lors même que l'on trouverait un thermomètre qui pût la supporter sans en être brisé, il éprouverait certainement une compression qui tendrait à élever la colonne de mercure par un effet indépendant de la chaleur, et produirait ainsi une cause d'erreur dont il serait très-embarrassant de tenir compte. Pour obvier à cet inconvénient, que n'avait aperçu jusqu'ici aucun observateur, on plaça les thermomètres dans l'intérieur de canons de fusil remplis de mercure, fermés par un bout et amenés au point de ne conserver que la résistance nécessaire pour n'être pas écrasés ; l'un descendait jusqu'au fond de la chaudière, l'autre était maintenu quelques pouces au-dessus de l'eau liquide.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le thermomètre le plus court servait à donner la température de la vapeur, et le plus long celle de l'eau qui conservait encore la forme liquide.

Les connaissances acquises sur les forces élastiques de la vapeur d'eau, à de hautes pressions, se bornaient, comme nous l'avons déjà dit, à très-peu de chose, à l'époque où la commission commença ses travaux.

Au-dessous de huit atmosphères, on possédait, il est vrai, quelques résultats auxquels on pouvait se fier.

Ce qui le prouve, c'est que les nombres contenus dans la table provisoire, présentée par l'académie, se sont trouvés d'une exactitude suffisante.

La table suivante est le résultat du travail de MM. Dulong et Arago. Son extrême importance fait vivement regretter que l'administration des bâtimens ait *refusé* aux savans une plus longue jouissance de la Tour de Sainte-Geneviève, qu'ils avaient choisie pour leurs expériences. Leur intention était de continuer leurs recherches sur la dilatation des gaz.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE

Des forces élastiques de la vapeur d'eau et des températures correspondantes, d'une à vingt-quatre atmosphères, d'après l'observation, et de vingt-quatre à cinquante atmosphères par le calcul.

Elasticité de la vapeur exprimée en atmosphères de 0^m76 de mercure.	ÉLASTICITÉ en mètres de mercure à 0°.	TEMPÉRATURE correspondante; thermomètre centigrade.	PRESSION sur un centimètre carré.
1	0^m76	100°	1k033
1 1/2	1.14	112.2	1.549
2	1.52	121.4	2.066
2 1/2	1.90	128.8	2.582
3	2.28	135.1	3.099
3 1/2	2.66	140.6	3.615
4	3 04	145.4	4.132
4 1/2	3.42	149.06	4.648
5	3.80	153.08	5.165
5 1/2	4.18	156.8	5.681
6	4.56	160.2	6.198
6 1/2	4.94	163.48	6.714
7	5.32	166 5	7.231
7 1/2	5.70	169.37	7.747
8	6.08	172 1	8.264
9	6.84	177.1	9.297
10	7.60	181.6	10.33
11	8.36	186.03	11.363
12	9.12	190	12.396
13	9.88	193.7	13.429
14	10.64	197 19	14.462
15	11.40	200.48	15.495
16	12.16	203.6	16.528
17	12.92	206.57	17.561
18	13.68	209.4	18.594
19	14.44	212.1	19.627
20	15.20	214.7	20.660
21	15.96	217.2	21.693
22	16.72	219.6	22.726
23	17.48	221.9	23.759
24	18 24	224.2	24.792
25	19 00	226.3	25.825
30	22.80	236.2	30.990
35	26.60	244.85	36.155
40	30.40	252.55	41.320
45	34.20	259.52	46.485
50	38.00	265.89	51.650

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

N. B. Les températures qui correspondent aux tensions de plus de 24 atmosphères ont été calculées par la formule

$$t = \frac{\sqrt[5]{e} - 1}{0{,}7153}$$

ou e exprime l'élasticité en atmosphères, et t la température à partir de 100°, en prenant l'intervalle de 100° pour unité. On a de fortes raisons pour croire que l'erreur ne serait pas de 1° à 50 atmosphères.

IMPRIMERIE DE SELLIGUE,
RUE DES JEUNEURS, N. 14.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Conservatoire des Arts et Métiers

N° 3 (8e VOLUME.) Janvier 1830.

L'INDUSTRIEL,

JOURNAL

PRINCIPALEMENT DESTINÉ A RÉPANDRE LES CONNAISSANCES UTILES A L'INDUSTRIE GÉNERALE, AINSI QUE LES DECOUVERTES ET LES PERFECTIONNEMENS DONT ELLE EST JOURNELLEMENT L'OBJET.

SUR LES EXPLOSIONS DES MACHINES A VAPEUR, PAR M. ARAGO.

(Suite.)

Explication des explosions qui sont précédées de l'ouverture de la soupape de sûreté ou d'un affaiblissement dans le ressort de la vapeur. — Théorie de M. Perkins.

Comment arrive-t-il qu'une chaudière éclate à l'instant même où l'on ouvre la soupape de sûreté? Comment se fait-il en outre que cet accident ait eté presque toujours précédé d'un affaiblissement apparent dans le ressort de la vapeur?

Telles sont les deux importantes questions, pour ainsi dire paradoxales, que provoquent les faits consignés aux pages 156 et 157. M. Perkins y a répondu, ce me semble, avec assez de succès; au reste, le lecteur va en juger, car c'est la théorie de cet ingénieur que je vais développer.

Dans une chaudière ordinaire, lorsque la flamme ne s'élève pas le long des parois au-dessus du niveau de l'eau, cette eau

CAM

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et la vapeur qui en provient sont exactement à la même température. Mais il n'en est plus ainsi quand l'eau étant peu abondante, la flamme monte très-haut; alors quelques-unes des parties de la chaudière peuvent passer au rouge, alors la vapeur en contact avec le métal incandescent s'échauffe énormément, sans acquérir pour cela une grande tension, soit qu'elle n'est point saturée, soit par une autre raison que je donnerai plus bas. Prenons les chaudières dans cet état : l'eau y est peu abondante et une partie de la vapeur qui la presse a une température extrêmement élevée, mais une élasticité médiocre. Supposons que la soupape vienne à s'ouvrir complétement; une prompte fuite de vapeur en sera la conséquence. L'eau déchargée du poids qui la pressait s'élancera en écume dans toute la capacité de la chaudière, ce sera le phénomène qu'offre le vin de Champagne au moment où la bouteille est débouchée; mais ici l'eau projetée par gouttelettes dans un gaz presque incandescent se transformera subitement en une vapeur très-élastique, et la soupape, quoique entièrement ouverte, ne fournissant plus une issue suffisante, les parois de la chaudière devront se déchirer. Il y a trois hypothèses dans cette explication. L'auteur suppose qu'à partir de la hauteur du niveau de l'eau, les parois de la chaudière peuvent acquérir une température très-élevée, et la communiquer à la vapeur qu'elles enveloppent sans que l'eau sur laquelle est cette vapeur soit plus échauffée. Il admet ensuite que l'eau en ébullition est projetée de bas en haut jusqu'à une certaine hauteur sous la forme de mousse, dès que l'on supprime ou même dès que l'on diminue seulement beaucoup l'atmosphère élastique qui la pressait, pourvu que le changement se fasse subitement; il imagine enfin que l'eau disséminée ainsi dans une masse de vapeur surchargée de calorique se transforme elle-même subitement en vapeur. Je pense que personne ne refusera d'accorder le premier point. Quand un vase métallique placé sur un brasier ardent ne rougit pas, c'est que l'eau enlève continuellement la chaleur dont ses parois s'imprègnent et empêche qu'elle ne s'y accu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mule. La vapeur ne saurait évidemment produire cet effet au même degré. Si la flamme du foyer atteint la chaudière dans une partie située au-dessus du niveau de l'eau, cette partie pourra acquérir la chaleur rouge et la communiquer à la couche de vapeur voisine, qui, à son tour, la disséminera aussitôt dans toute l'étendue de la chaudière où elle circulera en montant, c'est-à-dire dans l'espace non rempli d'eau qu'on appelle la chambre à vapeur. Voici des exemples de ces effets : M. Moyle découvrit une fois en visitant ses machines de Cornouailles qu'une d'entre elles était si bien dans les conditions dont je viens de parler qu'une échelle en bois qui reposait par son pied sur le sommet de la chaudière avait pris feu. Un semblable événement arriva à l'un des paquebots qui traverse de Dublin à Liverpool ; une planche de sapin qu'on avait jetée accidentellement sur le couvercle de la chaudière s'était enflammée. J'ai déjà rapporté l'événement de Pittsburg: ici, comme on peut se le rappeler, l'ingénieur depuis assez long-temps avait vu qu'une des chaudières devenait rouge. Voici enfin sur le même objet une expérience directe de M. Perkins. Une chaudière cylindrique de 4 pieds anglais de long ayant été placée verticalement sur un fourneau, la base fut entourée de feu qui s'élevait au tiers de la hauteur, tandis que l'eau, plus basse, n'en baignait que le sixième. Il résultait de cet arrangement que deux quarts de la surface du vase recevaient immédiatement l'action du feu. L'un de ces sixièmes était au-dessus de l'eau, l'autre au-dessous. La soupape de sûreté chargée d'environ une atmosphère se trouvait sur le côté de la chaudière, à moitié de la hauteur. Un thermomètre plongé dans l'eau et descendant jusqu'au fond du vase marquait 104° centigrades. Telle était aussi la température de la couche de vapeur placée à la surface de l'eau ; mais au milieu de la hauteur de la chaudière, le thermomètre accusait 260°, et le couvercle était rouge. Ce premier point éclairci, je passe au second. Il est des liquides qui, pendant leur ébullition, éprouvent quelquefois d'assez violens soubresauts. L'acide sulfurique, par exemple, est dans ce cas. Le lait est sujet au même

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

accident, mais à un moindre degré. En examinant avec attention de l'eau qui bout vivement, on aperçoit de temps à autre de petites gouttelettes qui sont projetées assez haut. Tout cela dépend évidemment de la viscosité du liquide et de la difficulté qu'éprouvent les bulles de vapeur à se frayer un passage dans la masse qu'elles doivent traverser. Lorsque ces bulles emprisonnées sont très-nombreuses et qu'une forte pression exercée à la surface du liquide empêche seule leur ascension, on conçoit que si la pression cesse tout-à-coup, le dégagement, au lieu d'être graduel comme dans les circonstances ordinaires, soit tumultueux, que le liquide mousse comme les eaux gazeuzes, qu'il devienne tout entier une espèce d'écume, mi-partie composée d'eau et de vapeur et que par là son volume s'étant prodigieusement accru, il se répande dans toute la capacité de la chaudière. Une expérience directe faite dans un vase transparent montrerait bientôt entre quelles limites toutes ces déductions sont exactes. Mais en attendant, on voit que l'analogie nous autorise à admettre, comme M. Perkins, le fait qu'en cas d'une subite diminution dans l'élasticité de la vapeur, l'eau peut sortir de son niveau et aller remplir toute la capacité de la chaudière.

Occupons-nous enfin de la troisième hypothèse de l'ingénieur américain : je veux dire de la brusque transformation de l'eau en fluide élastique. Ici des expériences directes nous serviront de guides.

M. Perkins ayant rempli d'eau un de ces cylindres métalliques qu'il appelle des générateurs, porta sa température à 260° centigrades. A côté de ce cylindre existait un récipient dans lequel il n'y avait ni eau ni vapeur dense ; sa température était de 65o environ. Ces deux vases pouvaient communiquer ensemble par un tube intermédiaire qu'une soupape suffisamment chargée fermait ordinairement.

Cela posé, il est évident qu'à l'aide d'une pompe foulante, lorsqu'on injectait un certain volume d'eau froide par l'un des bouts du générateur, la soupape de communication devait s'ouvrir à l'autre bout et donner passage à un égal volume

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'eau chaude qui pénétrait tout-à-coup dans le récipient pour s'y transformer en vapeur ; or, une soupape particulière, dont ce récipient était lui-même armé, donnait le moyen de reconnaître si cette transformation s'opérait subitement.

M. Perkins affirme qu'en effet elle était instantanée; qu'à peine la pompe foulante d'injection avait agi, que la soupape de sûreté du récipient accusait des élasticités de 40 à 100 atmosphères : quarante pour une médiocre injection, et cent dans le cas d'une injection abondante.

L'expérience que je viens de rapporter ne donnerait lieu à aucune difficulté, elle compléterait la théorie de M. Perkins, elle présenterait l'image fidèle de ce qui peut se passer dans une chaudière ordinaire, si elle avait été faite avec de l'eau à 100 ou 120 degrés centigrades. Au reste, comme 260°, température de l'eau employée, sont bien loin de correspondre à une élasticité de 100 atmosphères, il demeure toujours établi qu'une partie de cette eau est devenue instantanément de la vapeur ; or, c'est là pour le moment tout ce qui nous était nécessaire.

Observons toutefois qu'il ne résulte en aucune manière de l'expérience en question que ce soit par l'influence de la vapeur rare, mais portée à la température du fer rouge, que l'eau devienne subitement de la vapeur très-élastique. Cette partie de l'opinion de M. Perkins, comme M. Dulong en a fait la remarque, se concilierait difficilement avec ce qu'on sait de la chaleur spécifique de la vapeur d'eau. Tout porte donc à croire que l'ingénieur américain a eu tort de nier l'action directe que les parois incandescentes exercent sur le phénomène dont il s'est occupé.

Voyons à présent, si, en partant de la production subite de vapeur comme d'un fait, on peut donner une explication satisfaisante de l'ensemble des événemens extraordinaires que j'ai précédemment cités.

Quant à l'explosion de la chaudière de M. Gensoul, elle se rattache si bien aux idées de M. Perkins, qu'elle semble être arrivée tout exprès pour les confirmer. On peut dire en effet

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'au moment de l'ouverture du robinet, l'eau, déchargée tout-à-coup d'une grande partie de la pression qu'elle supportait, put s'élever jusqu'au couvercle, et qu'en traversant un vase à parois probablement très-échauffées, semblable en cela au générateur de M. Perkins, elle se transforma si brusquement en vapeur que le robinet n'offrit plus une ouverture suffisante.

Le même raisonnement s'appliquera à l'expérience de MM. Tabareau et Rey : car leur chaudière étant fort petite, et placée à nu sur un brasier de charbon, pouvait, comme je m'en suis assuré, être enveloppée par la flamme dans la portion que l'eau ne remplissait pas. Si nous n'avons pas trouvé, M. Dulong et moi, qu'une augmentation de pression suivît l'ouverture de la soupape, c'est que notre chambre à vapeur étant assez grande, et le trou de la soupape très-petit, il ne pouvait y avoir qu'une détente insensible et graduelle dans le ressort de la vapeur intérieure, et qu'en tout cas notre chaudière, établie avec soin sur un fourneau de maçonnerie, n'était exposée au feu que dans la seule partie que l'eau remplissait.

Le ralentissement dans la marche de la machine, observé quelque temps avant l'explosion, soit à Essone, soit à Paris, soit en Amérique, me paraît également une conséquence de la théorie de M. Perkins. On a vu, en effet, que lorsqu'une explosion arrivait par quelque défaut de la pompe d'alimentation ou par quelque engorgement du tuyau nourricier, le niveau de l'eau avait baissé beaucoup; or, la quantité de vapeur produite dans un temps donné, étant en général proportionnelle à l'étendue de la surface métallique en contact avec le liquide, si tout se trouvait primitivement calculé de manière à fournir juste à la consommation, après la diminution de surface de chauffe, il ne doit plus y avoir assez de vapeur pour donner aux appareils leur allure habituelle; peut-être imaginera-t-on qu'à l'aide de l'excès de température que la vapeur produite va puiser sur les parois très-chaudes du couvercle de la chaudière, il y aura compensation; mais une considération

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

très-simple prouvera qu'on aurait tort de compter sur cet effet. Dans un vase déterminé, la vapeur doit évidemment avoir partout la même élasticité. La couche inférieure, celle qui est en contact avec l'eau, a une tension déterminée par la température du liquide; la tension des couches supérieures, échauffée par les parois rouges dont elles sont entourées, ne pourra donc jamais surpasser celle de la couche basse. Ainsi, au total, la chaudière contiendra de la vapeur d'une densité inférieure à celle de la vapeur saturée de même élasticité, mais voilà tout.

Dans les idées de M. Perkins, au moment qui précède l'explosion, c'est-à-dire au moment où la soupape s'ouvre, la vapeur se trouvait avoir atteint la tension-limite sous laquelle la machine était destinée à fonctionner ou agir; mais alors même, le mouvement du piston devait être peu rapide; car la vapeur étant beaucoup plus chaude que les parois du corps de pompe, perdait par voie de refroidissement une grande partie de son ressort.

Ce serait, je crois, une prétention bien vaine, que de vouloir déduire de l'explication précédente ou de toute autre théorie, la forme des lignes le long desquelles une chaudière se déchirera, le nombre et la grosseur des fragmens, les directions dans lesquelles ils seront projetés, etc., etc. Tout cela, en effet, peut être modifié de mille manières par des circonstances qu'on aurait de la peine à saisir, alors même que le phénomène se développerait lentement sous nos yeux. Mais il arrive trop souvent que la ligne de rupture est régulière et horizontale, pour qu'il ne soit pas naturel de supposer qu'elle marquait la hauteur de l'eau sur les parois de la chaudière, et dès-lors il devient curieux de rechercher comment, malgré les inégalités d'épaisseur qu'on y remarque souvent, cette ligne de niveau, par cela seul que le liquide en dessine le contour, semble devenir la ligne de moindre résistance. Si je ne me trompe, cette particularité pourrait être expliquée ainsi qu'il suit:

Dans l'instant indivisible qui précède l'explosion, la tension

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la vapeur est considérablement et subitement affaiblie. A cela doit correspondre un mouvement de flexion de la chaudière de dehors en dedans (1); mais comme ce mouvement se fait d'une manière brusque, la partie pleine l'éprouvera à peine, à cause de l'inertie du liquide qui, évidemment, ne saurait être surmontée dans un temps extrêmement court.

Cette flexion de dehors en dedans se fera donc autour de la ligne de niveau du liquide intérieur comme charnière, mais on a vu qu'un subit developpement de vapeur très-élastique succède à l'ouverture de la soupape; ainsi, après s'être contractée, la chaudière s'étendra tout-à-coup. Or, lors même qu'on admettrait qu'elle éprouvera simultanément ce second effet dans toutes ses parties, toujours est-il que le mouvement rétrograde sera très-faible au-dessous du niveau primitif de l'eau, par cela seul que le mouvement direct y avait été insensible. Le plan de ce niveau primitif tracera ainsi sur les parois de la chaudière la ligne où la première fois la flexion de dehors en dedans avait cessé de se faire sentir, comme aussi la seule ligne où, dans l'oscillation rétrograde, les parties contiguës du métal n'auront pas des mouvemens pareils. Or, il suffit d'avoir vu une seule fois avec quelle facilité les ouvriers

---

(1) Pour admettre cette explication pour les chaudières à haute pression, à parois cylindriques, et fortes, il faudrait non-seulement supposer que la tension est considérablement affaiblie au moment indivisible qui précède l'explosion, mais même qu'il se produit un vide partiel, qui rend les parois incapables de supporter la simple pression atmosphérique. Mais si la paroi se trouve rougie peu au-dessus du niveau de l'eau dans la chaudière, si d'un autre côté le métal rougi a perdu considérablement de tenacité, est-il nécessaire de chercher une autre explication à la rupture ? d'ailleurs pour les accidens où l'ouverture de la soupape a prévenu l'explosion; on peut considérer que cette ouverture a instantanément élevé le niveau de l'eau dans la chaudière, que cette eau en se réduisant en vapeur contre la paroi rougie, y produit une contraction qui tend à l'affaiblir en cette ligne même, et que cet effet se combinant avec l'effort produit par la vapeur engendrée, il n'est pas étonnant que la chaudière cède sur la ligne fatiguée par les tiraillemens, et rendue aigre par son subit refroidissement : (*N. d, R.*)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

brisent des lames des métaux les plus malléables, quand il leur font éprouver subitement deux flexions contraires le long d'une certaine ligne, pour comprendre que la courbe où le niveau du liquide s'élève dans une chaudière autour de laquelle les deux mouvemens de flexion se sont opérés, doit être le plus ordinairement la ligne de rupture, quoique par l'épaisseur du métal, comme à Lyon, elle ne soit pas sur tous ses points la ligne de moindre résistance. Cette même ligne, au demeurant, et la remarque ne doit pas être omise, est celle où le métal, commençant à s'échauffer plus que l'eau, partage la chaudière en deux zones de ténacités très-différentes.

J'ai insisté précédemment sur la rupture presque simultanée de plusieurs chaudières employées conjointement à l'alimentation d'une même machine à feu, comme sur un fait très-digne d'attention et dont il importerait de chercher la cause. Mais serait-il bien difficile de la trouver, si l'on admet, avec M. Perkins, qu'une explosion a presque toujours pour origine un grand abaissement du niveau de l'eau, et un échauffement extraordinaire des parois de la chaudière? Ne pourrait-on pas dire qu'ordinairement ces conditions doivent se rencontrer à la fois dans les diverses chaudières? car, d'une part, c'est la même pompe qui les alimente, et, de l'autre, dès qu'un ralentissement se manifeste dans la marche de la machine, il est bien naturel que les ouvriers poussent vivement le feu dans chaque fourneau. Cela posé, supposons qu'une première chaudière éclaté à la suite de l'ouverture de sa soupape, le tube par lequel passait la vapeur de cette chaudière pour se rendre au corps de pompe, a, dès cet instant, son embouchure dans l'atmosphère; or, chaque chaudière est surmontée d'un pareil tube, et tous aboutissent à un seul et même tuyau métallique. Par ce tuyau, la deuxième, la troisième, etc., chaudières se trouvent ainsi en libre communication avec l'air; la vapeur qui les remplissait suit rapidement cette large voie pour s'échapper, et, dans un temps inappréciable, les conditions d'effraction se rencontrent là comme dans la chau-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dière déjà brisée, sans qu'on ait besoin d'admettre que toutes les soupapes s'étaient ouvertes presque en même temps.

J'ai parlé d'une chaudière qui fit explosion en l'air. Suivant toute apparence, quand celle de Lockrin éclata, elle s'était aussi élevée de 12 ou 15 pieds anglais au-dessus de la maçonnerie qui la supportait. Quoique ce fait semble se rattacher également bien à plusieurs des théories qu'on a données des explosions, et que dès-lors il ne puisse point nous diriger dans notre choix, il ne sera pas superflu, j'imagine, de montrer comment celle de M. Perkins s'y applique sans effort.

On se trompait beaucoup quand on supposait qu'une chaudière, composée de plaques malléables, resterait nécessairement en place, quelque ouverture qui s'y formât. Cette erreur, dans laquelle étaient tombés, par exemple, plusieurs de ceux qui naguère s'occupaient des appareils à gaz portatif, pourrait être la cause de graves accidens. Il est bien vrai qu'un vase complétement fermé reste immobile, quelle que soit l'élasticité du gaz qu'il contient ; mais c'est qu'alors la pression en chaque point de l'enveloppe est exactement contre-balancée par la pression qu'éprouve le point opposé. Par l'effet de la pression sur la face supérieure, le vase tend à monter, et il monterait en effet, en supposant cette pression suffisante, si l'on pouvait anéantir la force précisément égale qui, en même temps, pousse de haut en bas la paroi inférieure ; or, tout le monde doit voir que détruire brusquement cette paroi, ou anéantir la force dont elle était le point d'appui, c'est tout un.

La force non contre-balancée qui engendre le mouvement dans tous les cas analogues au précédent, s'appelle force de réaction. C'est, par exemple, en vertu d'une force de cette nature qu'une fusée s'élève dans l'air ; car le gaz résultant de l'inflammation de la poudre trouve une paroi sur laquelle il peut agir vers la pointe de la fusée ; tandis qu'à l'opposite, à la base du cône, la paroi manque. Ces préliminaires établis, quelques mots vont suffire pour montrer comment, dans les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

idées de M. Perkins, une chaudière peut faire explosion en l'air.

L'explosion, suivant ce mécanicien, est toujours précédée d'un grand dégagement de vapeur. Quand c'est par la soupape, ordinairement placée dans le haut du couvercle, que ce dégagement s'opère, la force de réaction, loin de tendre à soulever la chaudière, l'appuie au contraire davantage sur sa base; mais si la fuite de la vapeur a lieu de haut en bas par quelque fissure située vers les parois inférieures, la chaudière pourra être projetée suivant la direction opposée, car alors elle se trouvera dans les mêmes conditions qu'une fusée. Il suffira pour cela de douer la vapeur d'un ressort convenable. Ajoutons que les oscillations du liquide, suite de cet énorme bouleversement, ne pourront manquer d'amener, indépendamment des autres causes déjà signalées, la brusque production de vapeur dont l'explosion de la chaudière est la conséquence.

La théorie de M. Perkins, ainsi qu'on vient de le voir, rend un compte assez satisfaisant de toutes les explosions dont j'ai pu réunir les circonstances, et qu'un affaiblissement dans le ressort de la vapeur avait précédées.

Comme d'ailleurs elle n'emprunte à la physique aucune hypothèse que la science repousse, il semble qu'on doive se hâter dès ce moment, sinon de l'adopter, du moins de prendre les mesures de précaution qu'elle suggère. Ces mesures, au reste, sont très-simples : empêcher par tous les moyens possibles, par exemple, à l'aide de plaques fusibles, qu'aucune partie de la chaudière ne devienne jamais rouge ou ne s'échauffe trop fortement.

Donner conséquemment la plus grande attention, soit aux moyens d'alimentation, soit aux appareils dépendant de la chaudière, et à l'aide desquels on peut toujours savoir où se trouve le niveau de l'eau. Si, malgré les soins de l'ingénieur, les parois venaient à rougir en quelques points, éviter alors toute brusque ouverture des soupapes, ou les autres mesures

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

analogues qui permettraient à la vapeur déjà produite de se répandre rapidement dans l'atmosphère ;

Enfin, éteindre le feu aussi rapidement qu'on le pourra.

Théorie de MM. Marestier et Gensoul.

L'un de nos plus habiles constructeurs de vaisseaux, M. Marestier a donné, pour le genre particulier d'explosion dont M. Perkins s'est occupé, une théorie qui, dans son ensemble, a quelque analogie avec celle de cet ingénieur : il est un point cependant sur lequel les deux auteurs diffèrent essentiellement.

M. Marestier, comme M. Perkins, admet que quelques instans avant l'explosion l'eau manque en partie dans la chaudière, qu'une portion des parois destinée par le constructeur à recevoir directement l'action du feu, étant alors laissée à découvert, acquiert une haute température, et peut même devenir rouge ; qu'au moment de l'ouverture d'une soupape ou d'une fuite accidentelle de vapeur, le niveau de l'eau monte, ainsi que nons l'avons déjà expliqué, soit à cause de l'espèce d'ébullition tumultueuse qu'amène l'affaiblissement de la pression intérieure, soit à cause de la flexion que la chaudière éprouve au même moment de dehors en dedans, et d'où résulte inévitablement une diminution dans sa capacité. M. Marestier suppose de plus que l'eau ainsi soulevée venant à toucher la partie des parois que la flamme du fourneau a portée au rouge, se transforme subitement en vapeur, et en telle abondance, que la soupape de sûreté ne suffit plus à son dégagement. Dans les chaudières des bateaux, les grandes oscillations que les vagues font naître sont une cause particulière qui contribuera avec les autres à porter l'eau sur les parois rougies.

On se rappelle que, suivant M. Perkins, c'est la dissémination de l'eau de la vapeur rare, mais à une très-haute température, qui donnerait subitement lieu à un grand développement d'élasticité, tandis que, d'après M. Marestier,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ce serait l'arrivée de l'eau sur le métal rouge qui ferait naître tout-à-coup une énorme quantité de vapeur. Rien assurément, au premier coup d'œil, ne doit paraître plus raisonnable que cette dernière supposition ; mais dans l'étude des phénomènes naturels, il faut bien se rappeler, comme disait Fontenelle, » que dès qu'une chose peut être de deux façons, elle est or- » dinairement de celle qui semble plus contraire aux appa- » rences. »

Il arrive, en effet, quelque bizarre que cela puisse paraître, qu'un métal porté au rouge blanc semble très-peu propre à produire de la vapeur. Si l'on dépose, en effet, une goutte d'eau dans un vase métallique incandescent, elle est fort long-temps à se vaporiser, tandis que dans ce même vase, médiocrement chaud, elle disparaît sur-le-champ.

Dans une expérience de Klaproth, la seule que je citerai, une seule goutte d'eau jetée sur une cuiller de fer portée au rouge blanc, employait 40 secondes à se vaporiser. Si, après ce temps, on laissait tomber une deuxième goutte, comme la cuiller s'était déja refroidie, son évaporation complète n'exigeait que 20 secondes. La goutte qu'on versait après l'évaporation de la deuxième disparaissait en 6 secondes ; une quatrième goutte en 4 secondes ; une cinquième en 2 secondes ; la sixième enfin s'évaporait dans un temps inappréciable.

Malgré ces curieuses observations, je l'ai déjà dit, il semble que l'action directe des parois incandescentes d'une chaudière joue le principal rôle dans la transformation d'eau en vapeur dont l'explosion est la conséquence ; mais il faut le reconnaître, pour compléter sa théorie, M. Marestier devrait expliquer pourquoi l'eau de la chaudière se comporte tout autrement que les petites gouttes dans l'expérience de Klaproth. Si l'on trouvait, par exemple, qu'une goutte d'eau projetée avec force sur une surface métallique incandescente, se vaporise sur-le-champ, tous les doutes auraient disparu, et l'explosion de Pittsburg ne semblerait plus une anomalie pour laquelle il faudrait chercher de nouvelles causes. Au reste, je dois le remarquer en terminant, MM. Perkins et Ma-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

restier ne diffèrent que sur un point de théorie. Le fait de la transformation brusque de l'eau en vapeur, constaté expérimentalement par le premier, étant admis par le second, il importe peu, quant aux mesures de sûreté qu'il faudra adopter, que les parois incandescentes aient amené cette transformation, ou comme le suppose M. Perkins, ou comme l'admet M. Marestier. Dans l'une et dans l'autre hypothèse, il faudra empêcher la chaudière de rougir, et, si le cas se présente, éviter toute brusque ouverture des soupapes. M. Gensoul, dont le nom est si honorablement lié aux progrès de l'industrie lyonnaise, explique tout autrement que MM. Perkins et Marestier les fâcheux effets qu'une brusque ouverture des soupapes amène quelquefois. Voici un aperçu des idées de cet habile praticien :

Lorsqu'un tuyau métallique renferme un liquide très-fortement pressé, il suffit pour le rompre de frapper ses parois d'un petit coup sec, tandis qu'une augmentation de pression, même très-grande, aurait pu ne pas produire d'effraction si elle avait eu lieu d'une manière graduelle et sans secousse. Ce fait est bien constaté ; M. Gensoul croit pouvoir l'étendre aux chaudières. Suivant lui, quand les parois de ces grands vases ont été fortement tendues de dedans en dehors par la vapeur, le moindre choc doit les rompre, comme s'ils étaient remplis d'un liquide soumis à une grande pression ; or, il pense pouvoir assimiler à un choc le vif mouvement de recul que la chaudière reçoit dans la partie de sa paroi diamétralement opposée à celle qui, tout-à-coup, livre passage à la vapeur. Si c'est, par exemple, la soupape du couvercle qu'on ouvre brusquement, ce sera le fond de la chaudière qui recevra le contre-coup ; la secousse aura lieu sur la paroi de droite, si c'est par la gauche que la vapeur s'est échappée, etc., etc.

Cette ingénieuse explication fait naître plusieurs doutes : d'abord il ne paraît pas évident qu'à égalité de pression intérieure, un choc doive produire un égal dommage sur deux vases, dont l'un serait rempli d'eau et l'autre de vapeur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'incompressibilité du liquide semble, en effet, pouvoir être ici de quelque importance. En second lieu, M. Gensoul suppose qu'avant l'explosion, la vapeur contenue dans la chaudière avait un très-grand ressort; et, au contraire, nous avons vu qu'il arrive souvent de tels accidens au moment même où la marche lente des machines semblerait devoir inspirer toute sécurité.

Ainsi, sous ce rapport, l'explication est au moins incomplète; après cela, on ne saurait nier que dans tous les cas d'une rupture subite, la réaction de la vapeur ne doive jouer un rôle important, comme le croit l'habile ingénieur de Lyon. J'ai même indiqué le genre d'accidens que cette réaction pourra le plus ordinairement occasioner.

M. Arago combat ensuite l'opinion de quelques personnes, qui ont pensé que la rupture des chaudières peut être, en certains cas, occasionée par la formation d'une quantité d'hydrogène due à la décomposition de la vapeur d'eau contre les parois incandescentes de la chaudière. Il admet que l'hydrogène puisse se produire dans ces circonstances, mais il demande comment l'hydrogène, seul ou mêlé à la vapeur d'eau, est capable de détonner. Où donc le gaz hydrogène prendrait-il l'oxigène nécessaire à la détonnation? Et en supposant même que le mélange existe, quel corps fournira la haute température essentielle à l'inflammation?

Quoi qu'il en soit, que l'on admette l'une ou l'autre des explications données par M. Arago, comme dans tous les cas il faut admettre aussi que les parois sont amenées à la chaleur rouge, ou chauffées outre mesure, c'est à se garantir de cette circonstance qu'il faut donner tous ses soins. On doit donc présumer que les accidens produits par cette cause seront de plus en plus rares, surtout si l'établissement de la maçonnerie qui recouvre la chaudière empêche le feu de dépasser un certain niveau, et si l'alimentation se fait au moyen d'un tube droit, et ouvert en communication avec la chaudière.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les bateaux à vapeur dans lesquels l'alimentation se fait au moyen d'une pompe foulante et les machines des routes à ornières restent plus exposés, parce que le service de la pompe peut, par une cause quelconque, être retardé en quelques cas.

Cette cause d'explosions semblerait du reste recommander l'emploi des bouilleurs extérieurs de Watt.

Si M. Arago rejette la formation dans la chaudière d'un mélange détonnant, il l'admet dans le foyer, et attribue à cette cause plusieurs des explosions dont il a été question. On se rappelle que l'explosion qui vient tout récemment d'avoir lieu sur le bateau à vapeur *l'Union de Bordeaux*, et dont M. Arago n'a pas jugé à propos de parler, a été attribuée à la même cause par M. Clément.

Suivant quelques ingénieurs, dit M. Arago, l'hydrogène carboné serait fourni par le charbon de terre, comme dans les usines à gaz, et l'hydrogène pur, si c'était nécessaire, par la décomposition de l'eau qui suinte entre les plaques imparfaitement assemblées de la chaudière et tombe sur le charbon. Quant à l'oxigène, sans lequel il n'y aurait pas de détonnation, il l'emprunte à cette portion assez grande de courant d'air ascendant qui traverse le cendrier, sans être décomposée (portion d'autant plus grande que le feu est moins habilement entretenu).

Quand on a vu, dit M. Arago, ces brillantes colonnes de flamme qui, de temps à autre, apparaissent au sommet des plus hautes cheminées d'usines, on ne saurait douter que les gaz qu'entraîne le tirage ne puissent quelquefois constituer des mélanges explosifs; or, il suffit de supposer qu'un de ces mélanges se soit formé dans quelque encognure du foyer pour qu'on ait tout à redouter de son inflammation; si la détonnation est un peu forte, il semble difficile, en effet, que les parois de la chaudière résistent et ne soient pas écrasées.

J'ai dit comment il était possible que des mélanges explosifs se formassent dans le foyer même; je dois ajouter que certains

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

accidens n'ont pu évidemment tenir qu'à cette cause, je veux parler des explosions qui se manifestent sous des chaudières à évaporation entièrement ouvertes par le haut. Je tiens de M. Gay Lussac, qu'un fourneau de la raffinerie de salpêtre, établi à l'arsenal de Paris, fut récemment démoli en totalité par une explosion de cette espèce; la chaudière demeura intacte.

Pour prévenir ce genre d'accidens, M. Arago prescrit d'éviter, autant que cela peut se faire, d'après les dispositions particulières de chaque établissement, les coudes montans et descendans dans les conduits destinés à la fumée. C'est dans ces conduits qu'il suppose que peut se loger le gaz détonnant. Il regarde encore comme une précaution essentielle de ne pas fermer hermétiquement la cheminée. Enfin, pour éviter que le gaz du charbon se distille sans brûler, il importe de maintenir des vides entre les barreaux de la grille; sans cette précaution, le charbon se colle, et le foyer peut être comparé à un véritable appareil distillatoire donnant beaucoup d'hydrogène carboné et très-peu de chaleur. M. Arago considère donc comme mesure non-seulement d'économie, mais encore de sûreté, de charger le foyer d'une couche de charbon peu épaisse et répartie avec uniformité.

Enfin, il signale une dernière cause d'explosion, qui, selon lui, n'est pas sans importance.

Il est rare, dit-il, que l'eau dont on se sert pour alimenter les chaudières soit pure (nous croyons pouvoir ajouter que le cas n'arrive jamais). Or, le dépôt salin, plus ou moins abondant, qui se forme pendant l'ébullition, forme à la longue sur les parois intérieures une croûte pierreuse dont l'épaisseur croît avec le temps. Dès que cette croûte tapisse la chaudière, la chaleur, traversant difficilement cette matière non conductrice, ne parvient à l'eau qu'avec beaucoup de lenteur; les parois métalliques, recevant du foyer à chaque instant plus de calorique que le dépôt pierreux ne permet à l'eau d'en enlever, s'échauffent souvent au point de devenir rouges, et nous avons déjà vu qu'à cet état la ténacité du métal est di-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

minuée considérablement; M. Arago regarde alors une explosion comme imminente. Il est à craindre de plus que l'eau, se faisant jour à travers quelque fissure dans la couche pierreuse, ne vienne se répandre sur la paroi rougie, qui résisterait difficilement à cette action soudaine. Il ajoute que les portions de métal qui rougissent s'oxident et s'affaiblissent très-promptement; il cite, comme exemple, la chaudière destinée au chauffage de la Bourse, dont la paroi inférieure se troua dans la partie où par mégarde un ouvrier avait intérieurement laissé un chiffon.

Il prescrit, pour les chaudières de bateaux à vapeur dans lesquels le dépôt salin est si considérable, de faire le nétoyage toutes les vingt-quatre heures au moins (tel est l'usage sur les bateaux américains); mais ce temps doit varier pour les machines où l'on emploie l'eau douce, selon les localités, selon le plus ou moins grand degré de pureté de l'eau soumise à l'évaporation, etc.

M. Arago rappelle la propriété attribuée à la pomme de terre et à la drêche de s'opposer à la formation du dépôt salin; il croit que ce moyen est encore peu répandu.

Il importe d'ajouter ici que ce n'est pas par ignorance du moyen qu'on ne l'emploie pas, mais qu'on y a déjà renoncé en beaucoup de lieux. Tous les ingénieurs reconnaissent l'inconvénient de mélanger à l'eau de leur chaudière aucune des substances jusqu'à présent recommandées. Ces substances, en effet, ne s'opposent pas à la formation du dépôt, elles empêchent seulement son adhérence; l'ébullition tenant le mélange en suspension, la vapeur en entraîne toujours quelques parties qui ne tardent pas à gêner les mouvemens, à adhérer sous le piston et obstruer tous les passages de la vapeur. Nous avons vu chez M. Benoit à Saint-Denis, des masses énormes de ces substances atténuées d'abord et condensées ensuite sous le piston, dans les tuyaux, entre les soupapes qu'elles empêchaient de jouer, etc. Ces masses avaient l'aspect d'un savon calcaire. Il avait fallu employer une force assez considérable pour détacher celles que le jeu du piston avait tassées dans le cylindre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Arago termine son intéressante notice en déclarant qu'il n'est nullement établi que les chaudières à pression élevée aient éclaté plus fréquemment que celles à basse pression ; le contraire même a été annoncé par MM. Perkins, Evans et quelques autres. On se rappelle que les commissaires nommés par l'académie des sciences, pour l'examen de cette question, ont énoncé la même croyance que M. Arago.

TRAVAIL DU FER A L'ANGLAISE.

CYLINDRES DE COMPRESSION.

Nous avons dit dans le cahier de décembre 1829, qu'il existe un grand nombre d'usines dans lesquelles on se dispense de l'emploi du marteau pour le cinglage, et où la loupe, en sortant du *puddling furnace*, est à l'instant et immédiatement soumise à la compression entre les cylindres. C'est surtout dans les établissemens considérables, tels que ceux du pays de Galles, qu'ont visités MM. Dufrénoi et Élie de Beaumont, qu'on suit cette méthode; on y est déterminé par le besoin d'accélérer la fabrication et de satisfaire aux nombreuses demandes qui font écouler chaque semaine deux cents à trois cent cinquante tonnes de fer. Il paraît aussi que la qualité du minérai et du charbon est pour quelque chose dans l'adoption de ce procédé. On le suit également en France, à l'établissement de Fourchambault. Il livre annuellement à lui seul, au commerce, environ 55,000 quintaux métriques de fer, fabriqué à la houille et aux cylindres, c'est-à-dire la huitième partie de la quantité totale qui est obtenue en France par le nouveau procédé. Quoi qu'il en soit, et bien que les produits de l'usine ci-dessus soient estimés dans le commerce, cette méthode est généralement considérée comme défectueuse; le fer qu'on en obtient est reconnu d'une qualité inférieure, et ne doit pas être destiné à supporter de grands efforts; mais il

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peut être employé avec sûreté lorsqu'il doit servir par sa masse plus que par sa résistance. Si le fer, au contraire, doit avoir sous le plus petit volume, la plus grande force possible; s'il doit supporter une forte traction, comme dans les chaînes des ponts, ou s'il doit être nerveux et doux en même temps comme le carillon destiné à la fabrication des clous, il est toujours plus avantageux d'employer celui dont le cinglage a été commencé sous le martinet. L'opération va moins rapidement, sans doute, mais les produits étant de meilleure qualité, sont plus recherchés et mieux payés.

Les cylindres, qui, dans les usines dont nous venons de parler, remplacent le marteau, et que nous nommerons *cylindres à cingler* ou *dégrossisseurs*, portent des cannelures triangulaires qui, ensemble, présentent la forme d'un carré, dont les côtés sont arrondis aussi bien que le sommet de chaque angle. *Voyez* planche 7, fig. 1re. La loupe qu'on y engage, reçoit une forme analogue. Les cylindres cingleurs ont de 4 ½ pieds à 6 pieds de long, mesurés entre les montans des fermes dans lesquelles ils sont assujettis, et 16 à 18 pouces de diamètre. Leur poids est facile à déduire de leurs dimensions; il est de 3,500 à 5,000 kilogrammes, selon ces dimensions et le plus ou moins grand nombre de leurs cannelures. Ces cannelures, au nombre de 5, 6 ou 7, ont presque toujours la forme que nous avons indiquée plus haut; la première doit avoir 5 pouces en carré. Elles vont en diminuant depuis celle-ci jusqu'à la dernière.

En Angleterre, le carré que forment deux de ces cannelures n'est pas parfait, il a sa diagonale verticale plus petite que la diagonale horizontale, et le rapport entre deux cannelures consécutives est établi de manière que la plus petite diagonale ou la diagonale verticale de la cannelure précédente, est égale à la plus grande diagonale ou la diagonale horizontale de la cannelure suivante, de sorte qu'en changeant de cannelure, si l'on a soin de faire faire à la pièce soumise à l'action des cylindres un quart de révolution, la compression a lieu dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tous les sens, et le fer se trouve plus complétement purgé des laitiers qu'il contient.

Le rapport des diamètres de deux cannelures consécutives est comme 15 : 11.

L'emploi du marteau pour le cinglage de la loupe au sortir du puddling furnace, ne dispense pas cependant de l'usage des cylindres à cannelures carrées arrondies; cette forme de cannelures étant justement considerée comme très-convenable pour la compression des molécules du fer, surtout avec l'attention ci-dessus prescrite de faire faire un quart de révolution à la barre, à chaque passe : mais dans le cas où le martelage est employé, les cannelures ci-dessus sont moins nombreuses et se trouvent placées sur une paire de cylindres qui portent en outre des cannelures rectangulaires. Ce sont ces derniers cylindres qui sont représentés planche 7, fig. 1re. Nous ne parlerons donc pas de leurs dimensions, qui, du reste, se rapprochent de celles des cylindres cingleurs qu'ils remplacent souvent dans les usines où l'on ne martelle pas. Leur usage les a fait nommer *cylindres préparateurs*.

Il faut observer que les cylindres dégrossisseurs et les cylindres préparateurs étant destinés à comprimer des masses de fer, de formes souvent fort irrégulières, ils doivent avoir un diamètre proportionné à la résistance que les loupes opposent à la compression, résistance qui dépend de leur plus ou moins haut degré de chaleur, et qui est subordonnée à la célérité des mouvemens du cingleur. Si l'on ne forçait pas les diamètres de ces espèces de cylindres, et les dimensions des cages dans lesquelles ils sont maintenus, les chocs considérables qu'ils supportent, ne tarderaient pas à les faire céder et à les rompre.

Devant les cylindres se trouve placé à la hauteur des cannelures du cylindre inférieur, un tablier en fonte qui porte des découpures vis-à-vis les cannelures du cylindre. C'est sur ce tablier que l'ouvrier-étireur pose sa barre pour l'engager entre les cylindres.

Outre les cylindres dégrossisseurs et les préparateurs, il en est encore d'autres qu'on nomme *cylindres étireurs* et *cylindres*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

finisseurs, dont les uns sont employés à corroyer ou souder plusieurs barres ensemble, et les autres à étirer le fer à l'échantillon qu'on veut obtenir. Ces divers cylindres portent des cannelures de formes différentes, selon qu'on désire fabriquer du fer rond, du fer carré ou méplat, etc.

On est quelquefois obligé d'avoir des cylindres portant des cannelures d'une forme particulière pour étirer le fer destiné à quelque emploi spécial. C'est ainsi que MM. Manby et Wilson ont fait couler et tourner, dans l'établissement du Creusot, les cylindres à l'aide desquels a été étiré le fer du chemin de Saint-Étienne à Lyon. C'est surtout dans des entreprises de cette nature qu'on peut apprécier l'immense avantage qu'offre l'étirage aux cylindres, sur le forgeage au martinet.

Les cylindres qui servent à corroyer le fer, après qu'il a été purgé des laitiers qu'il contenait, par la compression des cylindres cingleurs ou du marteau, qu'il a été allongé en barre rectangulaire, sous les cylindres préparateurs, et qu'enfin il a été coupé en morceaux destinés à être soudés, portent encore des cannelures à angles arrondis et des cannelures rectangulaires. Ils ont 3 pieds de table et 1 pied de diamètre : leur longueur totale, en y comprenant l'épaisseur des fermes, est de 4 pieds ½. Ces cylindres servent à souder les lopins qui ont été étirés bruts aux gros préparateurs, et qui sont destinés à donner du fer carré ou rond de petit échantillon. Enfin, les cylindres finisseurs, entre lesquels on termine la barre, et on l'amène aux dimensions qu'exige l'emploi auquel elle est destinée, portent des cannelures rondes, triangulaires ou rectangulaires. Les cannelures triangulaires, disent MM. Élie de Beaumont et Dufrénoy, qui ont puisé leurs renseignemens sur les lieux, où une longue pratique des procédés a permis d'apporter aux formes, aux dimensions, etc., toutes les modifications que l'expérience a démontrées utiles; les cannelures triangulaires dont on se sert pour le fer carré ont pour profil un triangle isocèle légèrement obtus, de manière que le vide laissé par les deux cannelures soit un losange peu différent d'un carré, et dont la petite diagonale soit verticale. Lorsque la barre à étirer doit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

passer consécutivement dans plusieurs cannelures de cette espèce, on fait en sorte que la grande diagonale, ou la diagonale horizontale du vide de chaque cannelure, soit égale à la diagonale verticale du vide de la précédente, ce qui oblige à faire faire, comme pour le passage à travers les cannelures arrondies des cylindres cingleurs, un quart de révolution à la barre, quand on la passe d'une cannelure à la suivante, et procure l'avantage de corroyer successivement le fer dans des sens diamétralement opposés. Les cannelures rectangulaires, dont on se sert aussi pour le fer carré, ont une profondeur un peu moins grande que la moitié de leur largeur, de manière que le vide, présenté par les deux cannelures opposées, soit un rectangle peu éloigné d'un carré, et dont la plus grande diagonale soit horizontale.

Comme il est important que le fer, engagé dans les cannelures, soit mené avec la même vitesse par l'un et l'autre cylindre, on conçoit que les cylindres qui portent des cannelures rectangulaires et dans lesquelles l'ouverture est formée d'une cannelure mâle et d'une cannelure femelle, ne peuvent avoir le même diamètre; et en effet, s'il en était ainsi, le côté de la barre, exposé à la cannelure saillante, serait mené beaucoup plus vite que le côté opposé, ce qui occasionerait des frottemens considérables dans les cylindres, et des tiraillemens dans la barre, nuisibles à son étirage et à son corroyage parfaits.

La fig. 1re, pl. 7, indique la différence du diamètre des cylindres C. Comme celle qui existe dans la profondeur des cannelures est peu considérable, on conçoit que la barre est menée par les deux cylindres d'une vitesse à peu près uniforme.

Dans les usines nouvellement mises en activité, on remarque que, dans les cannelures rectangulaires, la cannelure rentrante n'est pas un parfait rectangle, mais que ses côtés sont inclinés et forment avec le fond de la cannelure un angle de quelques degrés plus grand qu'un droit. La barre se détache plus facilement; on risque moins de briser les cannelures, et on évite par là que la barre, en s'enrou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fant autour du cylindre, ne tende à détraquer toutes les pièces des fermes (1).

Le vide ne décroît pas plus rapidement sur ces cylindres, que sur les cingleurs ; le fer serait mal étiré, et les cylindres éprouveraient une trop grande résistance.

Lorsqu'on ne veut obtenir que du fer d'un petit échantillon, on place dans la même ferme trois cylindres ; celui du milieu et celui de dessous servent à dégrossir et à corroyer, tandis qu'on étire entre celui du milieu et le supérieur : on gagne par ce moyen tout le temps qui, autrement, est employé à repasser la barre par-dessus les cylindres, pour que l'ouvrier l'engage de nouveau ; ce qui n'est pas sans importance pour les pièces de petites dimensions qui se refroidissent promptement.

Les dimensions des cylindres varient selon celles qu'on veut donner au fer qu'on y passe. Pour du fer carré ou rond de 8 lignes carrées au-dessous, le diamètre donné généralement est de 7 à 8 pouces, et la longueur de 2 pieds à 2 pieds 1/2 entre montans. La somme des cannelures est la moitié de la surface des cylindres.

Pour du fer carré, rond ou méplat de 8 à 24 lignes, les cylindres ont 15 pouces de diamètre, et 4 pieds 1/2 de table.

Au-dessus de 24 lignes, ils ont les mêmes dimensions que les cingleurs et les préparateurs.

Nous avons cru nécessaire de donner le détail des nombreux cylindres qui peuvent être mis en usage, et dont l'emploi est différent. Cependant, dans les usines où le travail est borné, on se contente, ordinairement, de deux systèmes de cylindres : les ébaucheurs et les finisseurs pour tout échantillon. Les uns servent, soit à cingler ou préparer et à corroyer la barre, et

---

(1) Cette remarque nous a été confirmée par l'excellent mémoire que viennent de publier MM. Coste et Perdonnet sur le travail du fer en Angleterre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

portent conséquemment des cannelures arrondies et des cannelures rectangulaires; et les autres, de moindres dimensions, servent à finir le fer à l'échantillon marchand.

Lorsqu'on veut obtenir du fer de moins de 2 lignes d'épaisseur, on ne le passe plus entre des cylindres cannelés, mais entre deux rouleaux unis ou laminoirs semblables à ceux que représente la fig. 1re, pl. 7.

Il est des usines où l'on se sert encore de ces cylindres unis pour polir la barre amenée à la grosseur marchande. C'est à ces derniers cylindres, qui doivent être très-forts et très-durs, qu'on donne particulièrement le nom d'*espatards*.

Enfin, pour obtenir des tringles de fer de petite dimension, telles que du fer en verges ou du fer carillon, qui doit servir à la fabrication des clous, on fait passer la barre, obtenue d'épaisseur au moyen de l'une des dernières cannelures rectangulaires des cylindres finisseurs, ou des espatards, à travers une dernière paire de cylindres qui portent des cannelures dont les bords sont acérés et découpent cette barre méplate en tringles de quelques lignes.

L'un de nos prochains cahiers contiendra la description de l'une de ces *fenderies* dont nous devons la communication à l'obligeance de M. Sonolet; nous la publierons avec tous les détails qui pourront être nécessaires à sa construction.

La vitesse de ces divers systèmes de cylindres varie selon les usines, et suivant l'usage auquel on les emploie. Dans le pays de Galles, les cylindres finisseurs, pour petit échantillon, font jusqu'à 140 tours par minute; pour échantillon de 8 à 36 lignes, ils n'en font que 60 à 80.

Les dégrossisseurs ont une vitesse moins grande. Cependant, en France, il est des usines où ils font de 60 à 70 tours par minute.

Explication des planches.

Planche 7, fig. 1re. Elévation de deux cylindres prépara-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

teurs, de deux cylindres unis ou laminoirs, des pignons qui communiquent le mouvement et des embrayages au moyen desquels on l'arrête.

Fig. 2, plan de la fig. 1re.

A. Fermes servant de paliers aux cylindres et dans lesquelles sont placées et maintenues toutes les pièces des coussinets.

B. Entretoises ou boulons d'assemblage, maintenus en haut et en bas de chacun des montans des fermes A.

C. Cylindres préparateurs. Ils portent, comme il a eté indiqué, des cannelures dont la réuniou forme un carré dont les angles sont arrondis, et des cannelures rectangulaires. La dernière de ces cannelures doit porter des aspérités dont s'imprime la loupe qu'on y engage, après qu'on l'a passée par les premières cannelures arrondies et avant de la jeter au crochet.

D. Laminoirs ou cylindres unis et fort durs qui servent à préparer le fer feuillard ou le fer en ruban.

E. Vis à filets carrés, qui pénètrent dans un écrou E' placé dans le milieu de la partie supérieure de la ferme, et qu'on serre au moyen d'une clé. Elles servent à maintenir la pièce supérieure du coussinet du tourillon du cylindre, à la hauteur voulue. (Voy. les détails des diverses pièces des paliers, planche 8).

F. Arbres des cylindres.

G. Manchons servant au débrayage. Ils glissent sur les arbres F qui sont en deux parties et de la forme indiquée par la vue de bout de l'une des parties de l'arbre F. Voy fig. 23 et 24, planche 8.

H. Pignons récepteurs. Le pignon supérieur reçoit le mouvement de l'arbre et le transmet au pignon inférieur sans intermédiaire.

I. Fermes de moindres dimensions que les fermes A, et dans lesquelles tournent les axes des pignons H.

J. Écrous placés sur chacun des montans des fermes des pignons, et qui, au moyen de boulons, maintiennent les chapeaux mobiles K.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les fermes ou cages de tout le système ci-dessus portent de fortes pates L M qui sont boulonnées sur les solives N. Cet assemblage est représenté fig. 1re par des lignes ponctuées.

O. Boulons d'assemblage des solives.

Planche 8, fig. 3. Vue de face de l'une des fermes des cylindres. Toutes les pièces composant les coussinets sont ponctuées.

Fig. 4. Coupe verticale faite selon l'axe de la vis E.

Fig. 5. Plan de la ferme fig. 3.

Fig. 6. Coupe horizontale de la fig. 3, laissant voir la projection des saillies de la base de la ferme, et les feuillures ou portées des montans A.

A. Montans de la ferme.

A' Feuillure contre laquelle viennent s'appuyer toutes les pièces des coussinets du côté opposé aux cylindres.

E' Écrou légèrement conique qui est placé dans l'épaisseur de la traverse supérieure, ou chapeau de la ferme, fondu d'une seule pièce avec le reste.

a. Rainures au moyen desquelles on assujettit le tablier devant les cylindres.

On comprendra mieux l'usage de toutes les pièces qui composent les coussinets, en suivant la description sur les figures des détails où les mêmes objets sont affectés des mêmes lettres.

Fig. 7, *b.* Coussinet du cylindre inférieur. Il est encastré dans la fonte de la base de la ferme et s'appuie contre les saillies *c* de cette base. Voy. fig. 6.

Fig. 8, *d.* Arceau dans lequel est encastré le coussinet *e* en queue d'aronde et qui sert au cylindre supérieur.

Cette pièce pose sur la base et contre la feuillure A'.

Fig. 9. Le même arceau vu du côté opposé aux cylindres.

Fig. 10. Coupe de la fig. 8, faite vers le milieu de la hauteur.

On voit par les saillies de cette pièce de quelle manière elle est appuyée contre la feuillure A'.

Fig. 11, *f.* Pièces symétriques en fonte, portant chacune

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un coussinet. Elles portent à plat snr l'arceau *d* et s'appuient contre la feuillure A'.

Fig. 12, *g*. Traverse mobile portant de même un coussinet *h* qui appuie sur le tourillon du cylindre supérieur.

C'est sur la pièce *i* qui surmonte la traverse *g*, et qui est fondue avec elle que vient buter la vis de pression E, au moyen de laquelle on serre plus ou moins le cylindre et toutes les pièces du palier.

Fig, 13. Vue en-dessus de la pièce *g*, fig. 12.

On se garde bien de fixer toutes ces pièces les unes aux autres ou aux montans de la ferme, les ébranlemens et les chocs considérables qu'elles éprouvent pendant l'étirage des loupes ne tarderaient pas à les détraquer et à les briser. On se contente de les poser à plat les unes sur les autres, afin qu'elles puissent jouer librement, et céder facilement aux chocs qu'elles reçoivent.

Tous les coussinets en cuivre encastrés dans les pièces des paliers ont leurs bords ébizelés, ou taillés en queue d'aronde, et pénètrent dans les rainures de même angle qui se trouvent pratiquées dans chaque pièce.

Outre cette précaution, il est bon de donner aux coussinets et aux rainures dans le sens de leur longueur une forme tant soit peu angulaire du côté des cylindres. Lorsque, par suite des ébranlemens, les pièces encastrées prennent du jeu et remuent dans leurs supports, il suffit de les chasser en avant pour les assujettir de nouveau, sans qu'il soit nécessaire d'employer des clés ou des coins. Lorsque les coussinets ont cette forme, il est nécessaire qu'ils n'atteignent pas tout-à-fait l'extrémité de la pièce qui les porte du côté des cylindres, afin qu'on puisse les engager de plus en plus pour les réassujettir quand ils ont pris du jeu.

Cette observation, aussi bien que l'observation précédente de n'assujettir aucune des pièces des paliers, s'applique aussi aux pièces des coussinets des fermes J dans lesquelles tournent les pignons I, et dont suit la description.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 14, pl. 8. Élévation vue de face de l'une des ferme servant de paliers aux pignons récepteurs.

Le chapeau K de cette ferme est enlevé et dessiné séparément.

Fig. 15. Coupe transversale faite au milieu de la fig. 14.

Fig. 16. Plan du chapeau K.

Fig. 17. Coupe faite vers le milieu de la hauteur de la fig. 14.

On voit tant sur la coupe des montans I que sur la base de la ferme, la projection des rainures et des saillies destinées à maintenir les diverses pièces des coussinets.

I. Montans de la ferme, dont la partie inférieure s'avance en saillie en I', et supporte une partie des pièces qui composent les coussinets.

i. Boulons maintenus dans chaque montant par une clavette. Ils servent à retenir le chapeau au moyen des écrous J, fig. 1re, pl. 7.

Cette disposition permet que chacun des montans I porte dans toute sa longueur une rainure *j* dont la profondeur est indiquée par les portées et les oreilles des pièces qui doivent y pénétrer, par les lignes ponctuées fig. 14, et par leur projection fig. 17.

Les pièces sont d'abord mises en place, puis on abaisse le chapeau qu'on assujettit.

P. Fig. 14 et 17. Joues qui donnent plus de largeur à la base de la ferme.

Fig. 18. Vue de bout, et plan de la pièce *k* servant de coussinet au pignon inférieur.

Fig. 19. Vue de face et de côté de l'une des deux pièces symétriques *l* servant à maintenir le tourillon du pignon inférieur de chaque côté. Elles portent, comme la pièce précédente, des coussinets encastrés, et sont retenues entre les deux joues I de chaque montant de la ferme par leurs portées, indiquées par des lignes ponctuées fig. 19. Deux pièces semblables servent au pignon supérieur et portent les mêmes lettres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 20. *m*. Traverse mobile portant un coussinet encastré en dessus et en dessous. Elle pose sur la saillie I des montans, et est retenue dans les raînures de la même manière que les autres pièces.

Fig. 21. Plan de la fig. précédente.

Fig. 22, *n*. Traverse mobile portant un coussinet par dessous. Elle pose sur les deux pièces *l*, et est retenue entre les joues des montans par les oreilles dont elle est munie, comme la traverse *m*, fig. 20 et 21.

Fig. 23. Vue de bout et de face de l'un des manchons G.

Fig. 24. Vue de bout et de côté d'une partie de l'un des arbres F sur lesquels sont montés les manchons de débrayage G.

Fig. 25. Vue de l'un des cylindres, représenté détaché, afin de faire voir les tourillons et les bouts de l'arbre F, sur lesquels glissent les manchons G.

Les solives N, fig. 1re et 2, pl. 7, sont placées sur une fosse en maçonnerie au milieu de laquelle s'élève un mur mitoyen; c'est sur ce mur que se trouvent par conséquent les cylindres.

Au-dessus des cylindres se trouvent disposés des tuyaux qui laissent continuellement échapper un léger filet d'eau. On a pour but d'empêcher l'adhérence du fer aux cylindres, en prévenant l'échauffement de ces derniers.

Le travail du fer aux cylindres demande, de la part des ouvriers étireurs, une assez grande habitude; mais cette méthode ne présente pas de difficultés qui soient insurmontables pour l'intelligence la plus ordinaire; ce ne sera donc pas une considération de ce genre qui pourra empêcher son admission dans les établissemens où elle n'a pas encore eu lieu.

Nous allons tâcher de faire connaître, en quelques mots, toute une opération d'étirage comme elle se pratique, soit en Angleterre, soit dans les établissemens français, où le procédé est utilisé; mais nous sommes loin de croire qu'on ne puisse y apporter aucune modification. Il est probable au contraire que le temps et l'expérience introduiront, dans la méthode, des perfectionnemens importans, et pour n'en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

signaler qu'un seul, nous croyons, avec M. Sonolet, qu'on renoncera aux martinets anglais si pesans, pour s'en tenir aux marteaux français, et qu'on se gardera de continuer le cinglage sous ce marteau de la manière dont il est pratiqué en Angleterre, et qui consiste à exposer la loupe tout entière sous la large panne du marteau, puis à lui faire faire un quart de révolution après le premier choc, afin de la forger en prisme rectangulaire; méthode vicieuse sans contredit, et dans laquelle il semble qu'on prenne à tâche d'enfermer le laitier dans le fer en refroidissant instantannément les parois de la loupe, contre la surface, d'une température beaucoup moins élevée, de la panne du marteau et de l'enclume. Le martelage, tel qu'on le pratique dans les usines françaises, nous paraît incomparablement préférable; et dans cette conviction, nous publierons, dans un prochain cahier, le marteau français.

Il est encore un grand nombre de modifications qu'on pourrait signaler, non-seulement dans l'étirage du fer, mais dans l'ensemble du procédé de fabrication. Nous espérons bien le faire un jour à venir en passant en revue les procédés, tant anciens que nouveaux, en comparant leurs avantages et leurs inconvéniens selon les localités, et par conséquent selon la nature du minerai et du combustible employés. Notre intention n'est, aujourd'hui, que de faire connaître le procédé d'étirage à l'anglaise, et de donner, des instrumens qu'on y emploie, une description assez détaillée pour servir à leur complète intelligence, et même à leur construction.

Dans les usines où l'on n'emploie pas le martinet, la loupe est saisie au moyen d'une tenaille par le cingleur, qui la traîne sur les coursières jusqu'aux cylindres à cingler. Il l'enlève à l'aide de ses tenailles et la présente sur le tablier à la première cannelure; elle s'engage, écarte les cylindres et passe rapidement de l'autre côté où elle est reçue par un deuxième ouvrier qui l'enlève et en pose l'extrémité sur le cylindre supérieur. Le mouvement de rotation de ce cylindre entraîne la loupe qui reçoit alors le nom de *pièce*, du côté opposé où le premier ouvrier se tient prêt à la recevoir et la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fait de nouveau passer par la même cannelure, après, toutefois, avoir eu soin de tourner la clé de la vis de pression d'une certaine quantité, afin de diminuer d'autant l'ouverture de la cannelure; il la fait passer ainsi à travers les diverses cannelures tant arrondies que rectangulaires jusqu'à ce que la barre ait acquis les dimensions de la dernière cannelure rectangulaire, dimensions qui varient, mais qui sont d'ordinaire d'un demi-pouce sur 4 de large. La barre amenée à ces dimensions est jetée au *crochet*, et l'opération se continue sur des loupes nouvelles; il faut environ une minute pour ce cinglage, en supposant que les cylindres tournent avec une vitesse de 70 à 80 rotations par minute.

Comme la barre est assez pesante (30 kil. environ) et qu'en s'allongeant elle devient de plus en plus difficile à manœuvrer et à enlever par son extrémité, on établit à la portée des cylindres un levier portant une corde à laquelle est suspendu un crochet. Un enfant manœuvre facilement ce levier à l'aide d'une deuxième corde fixée à l'autre bras du levier. On engage le crochet sous la barre, et l'enfant l'enlève en tirant la corde. L'ouvrier n'a qu'à en diriger l'extrémité vers le cylindre supérieur pour la repasser au cingleur.

La plus grande difficulté, dans cette opération et dans toute la durée de l'étirage au cylindre, celle que le cingleur ne peut acquérir que par l'habitude, c'est d'engager adroitement et avec promptitude la barre dans les cannelures. C'est à faciliter cette opération qu'est destiné le tablier en fonte qui doit par conséquent être placé à une hauteur telle que l'axe de la barre à étirer corresponde directement à la moitié de la hauteur de la cannelure par laquelle on veut la faire passer.

Le cingleur, après avoir placé sa barre sur le tablier, la dirige avec précaution en la tenant perpendiculairement à l'axe des cylindres, et lorsqu'elle se trouve en face de la cannelure, il la pousse vivement afin de l'engager; le bruit que font toutes les pièces de l'appareil, quand la barre s'engage, avertit l'ouvrier du côté opposé de se tenir prêt à la saisir. Lorsque la barre ne prend pas facilement, malgré les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dents ou les aspérités dont la cannelure mâle est armée, on est dans l'habitude d'y passer un peu de sable. Il est important d'observer que c'est *surtout* la *dernière* cannelure rectangulaire par laquelle passe la barre à préparer avant d'être mise au crochet qui doit porter ces aspérités ou lignes croisées : nous verrons bientôt que le motif en est dans le soudage.

Les laitiers qui tombent sur le tablier, dans le cinglage de la loupe, sont analogues à ceux du fourneau, on s'en débarrasse. Il n'en est pas de même des battitures ou des écailles qui tombent pendant l'étirage de la barre. On peut, sans inconvénient, les remettre au fourneau à puddler. Si l'on se sert, pour le cinglage de la loupe, du marteau que nous avons décrit dans le cahier de décembre 1829, planches 4 et 5, la pièce se trouve ordinairement trop refroidie pour qu'on puisse l'étirer de suite; il faut la faire chauffer au reheating furnace, ou fourneau de chaufferie, ou au fourneau à puddler, après quoi on procède à sa préparation comme il vient d'être indiqué.

La barre, ainsi cinglée et amenée aux dimensions qu'on a dit être d'environ 1/2 pouce d'épaisseur sur 4 de large, mesure française, est de trop mauvaise qualité pour qu'on puisse la livrer au commerce en cet état, elle est *faillée* sur ses angles, s'écaille facilement, présente une surface rugueuse et est souvent d'un fer cassant. On coupe à la cisaille ce fer brut en morceaux de 15 à 16 pouces de long, on en fait des paquets de 4 à 5 pouces d'équarrissage, on attache chaque paquet, à moins qu'on ne soit très-exercé à les manier, puis on les place en croix dans la chaufferie. On a soin de disposer les bouts qui forment la trousse de manière que les aspérités qu'elles portent d'un côté, correspondent au côté uni de chacune, ces aspérités, imprimées sur la barre par la dernière cannelure des cylindres préparateurs, ont pour objet principal d'aider au soudage des paquets. En effet, dans la *chaude suante* à laquelle sont exposées les trousses, les points saillans se ramollissent et se soudent d'eux-mêmes contre le barreau opposé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de manière que les opérations suivantes se trouvent facilitées.

Ces paquets, au bout de trois quarts-d'heure environ, sont arrivés à la température convenable, on les retire alors et on les fait passer par la série de cannelures qu'a suivie la loupe à son premier étirage, et sans réchauffer, on finit la barre à l'échantillon marchand sur les cylindres finisseurs; la dernière échancrure des finisseurs ne porte pas d'aspérités : elle doit être au contraire fort unie.

On a soin, dans le corroyage, de faire passer la barre alternativement entre des cannelures rectangulaires et des cannelures triangulaires, afin que le fer se trouve mieux soudé dans tous les sens.

Pour obtenir du fer de qualité supérieure, on ne finit pas la barre après un premier corroyage, on se contente de la préparer comme on a fait pour la loupe, puis on la coupe de nouveau, on l'expose en paquets à la chaufferie, et on corroie une deuxième fois. Enfin, pour le fer de première qualité, on coupe la barre une troisième fois, et on la fait passer par la même série d'opérations. On a de cette manière du fer de trois qualités.

Fer n° 3, corroyé une fois.

Fer n° 2, corroyé deux fois.

Fer n° 1, corroyé trois fois.

Ce dernier fer est souvent trop nerveux; si la température du four de chaufferie n'a pas été assez élevée, il présente un assemblage de fibres qui n'ont pas entre elles une adhérence assez grande.

Dans les usines où l'on se pique de travailler avec soin, et où l'on se sert du marteau pour le cinglage, les paquets, après avoir été exposés à la chaude suante, dans le fourneau de chaufferie, sont portés une deuxième fois sous le marteau, où se commence le corroyage; on le travaille à la française, puis on le passe immédiatement aux cylindres, où on le finit selon le procédé ordinaire. Cette méthode peut avantageusement remplacer un corroyage au cylindre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quand on veut obtenir du fer de petit échantillon, la loupe amenée par les gros préparateurs, aux dimensions d'une barre de 2 pouces d'équarrissage, est coupée en morceaux de longueur proportionnée à celle de la barre qu'on veut obtenir; on place ces *lopins* dans le four de chaufferie; lorsqu'ils ont acquis la température convenable, on les soude entre les cylindres à corroyer, en les passant d'abord dans les cannelures carrées arrondies, puis on les finit comme les autres fers sur les petits finisseurs: si c'est du fer feuillard ou du fer en rubans qu'on veut obtenir, on le passe en dernier lieu entre les cylindres unis, appelés espatards.

H. D.....d.

SUR LA PRÉPARATION DU CINABRE,

Par la voie humide, et sur quelques autres combinaisons du soufre avec le mercure;

Par M. Brunner, professeur, à Berne.

Kirchhoff a, le premier, indiqué un procédé exact pour obtenir le cinabre par la voie humide. D'après ce chimiste, on prend 300 parties de mercure sur 68 parties de soufre, on triture le mélange dans un mortier, jusqu'à ce qu'on obtienne un tout homogène, puis on ajoute 160 parties de potasse caustique dissoute dans autant d'eau, et on chauffe à la flamme d'une bougie jusqu'à ce que le mélange ait pris une couleur rouge convenable.

Ce procédé ne réussit pas toujours et fournit rarement un cinabre pur. M. Brunner, qui s'est long-temps occupé de ce sujet, indique un autre procédé qui donne, d'après lui, une proportion bien plus forte de cinabre, et un cinabre très-beau. Le chimiste de Berne emploie, sur 300 parties de mercure, 114 parties de soufre et 75 parties de potasse caustique, dis-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

soute dans 400 à 450 parties d'eau. On triture d'abord le mercure avec le soufre à froid ; de petites quantités exigent au moins 3 heures de trituration constante ; de plus grandes quantités, par exemple, plusieurs livres, exigent une journée entière de travail. Lorsque les deux corps se sont réunis de manière à présenter une masse homogène, on y ajoute la dissolution de potasse, en continuant toujours la trituration, et on échauffe le mélange dans un vase de terre, de porcelaine ou bien de fer, lorsqu'on opère sur de grandes masses ; d'abord on remue constamment, puis, seulement de temps à autre ; on porte la chaleur à 55° cent., et on tâche de la maintenir, tant que possible, à ce degré ; jamais on ne doit dépasser 50°. On fera en sorte que la quantité du liquide ne soit pas sensiblement diminuée par l'évaporation. Lorsqu'on opère en grand, il n'y a rien à craindre sous ce rapport ; ce n'est que quand on agit sur de petites quantités, qu'il devient nécessaire de restituer l'eau qui s'est évaporée.

Après qu'on a continué ainsi la digestion pendant plusieurs heures, le mélange qui était noir, commence à prendre une teinte brun-rougeâtre ; c'est dans ce moment qu'il faut la plus grande précaution ; la température ne doit pas dépasser 45°. Il arrive quelquefois que le liquide commence à prendre une consistance gélatineuse ; c'est ce qu'il faut prévenir par une addition d'eau ; le mélange de soufre et de mercure doit toujours conserver une forme pulvérulente dans le liquide. Cependant la couleur devient toujours d'un rouge plus vif, et quelquefois avec une promptitude étonnante. Quand on juge que la couleur a atteint son plus haut degré d'intensité, on enlève le vase de dessus le feu, en ayant toutefois la précaution de l'exposer encore pendant plusieurs heures à une douce chaleur.

Le temps nécessaire pour la formation du cinabre sur le feu, paraît être en raison directe de la quantité sur laquelle on opère ; en admettant que les proportions indiquées plus haut soient des grammes, on voit la couleur rouge se manifester

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au bout de 8 heures environ, et la préparation est tout-à-fait finie après 10 à 12 heures.

A la fin, on lave le cinabre, et on élimine les petites quantités de mercure métallique qui peuvent y être mêlées. Ce procédé fournit 328 à 330 parties de cinabre, d'une très-belle couleur rouge, qui le cède très-peu à celui qui est natif, et qui l'emporte de beaucoup sur la couleur de celui qu'on obtient par la sublimation. Il est inutile de dire ici que, pour obtenir un cinabre qui possède ces qualités, il faut que le mercure qu'on emploie, ainsi que la potasse, soient très-purs.

Lorsqu'on se sert des proportions indiquées par Kirchkof, on obtient, comme nous avons déjà dit, moins de cinabre. Voici le résultat des recherches de l'auteur, concernant les différentes proportions des substancee employées :

Mercure.	Soufre.	Potasse.	Cinabre obtenu.
300	114	75	330
300	115	75	331
300	120	120	321
300	150	152	282,5
300	120	180	244 = 246
300	100	180	244
300	60	180	142

La raison pour laquelle la méthode de Kirchkoff fournit moins de cinabre, c'est, qu'outre cette combinaison, il s'en produit une qui reste en dissolution dans le liquide. En effet, lorsqu'on évapore celui-ci, après la séparation du cinabre, on obtient, par le refroidissement, des cristaux d'hyposulfate de potassse, et à un certain degré de concentration, le liquide se coagule, surtout après une légère secousse, et se prend en une masse gélatineuse qui consiste dans un nombre infini de petites aiguilles cristallines, blanches, soyeuses, brillantes, dont les eaux-mères ne s'écoulent que difficilement. Ces cristaux noircissent à l'air, répandent une odeur d'hydrogène sul-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

furé, et se transforment, par l'action de l'eau, en une poudre noire; en ajoutant un peu d'hydrochlorate d'ammoniaque à l'eau, on favorise singulièrement la précipitation de ce corps noir. Celui-ci a la même composition chimique que le cinabre, et les petits cristaux dont il provient, sont une combinaison d'un atôme de cinabre avec un atôme de sulfure de potasse: dans ce dernier, le soufre est en même proportion que dans le cinabre. La combinaison peut être représentée par

$$K\,S + Hg\,S + 5\,Aq.$$

Au lieu de potasse caustique, dans la préparation du cinabre, l'auteur a essayé le sulfure de potasse, et a obtenu un cinabre assez beau, mais qui, cependant, était bien inférieur à celui que fournit le procédé ci-dessus indiqué. Le sel ammoniac, en remplacement de la potasse, ne fournit point de cinabre; mais ce corps peut être produit en traitant beaucoup de composés de mercure par des sulfures alcalins; ainsi, on l'obtient en traitant l'oxide rouge de mercure par une dissolution d'hydrosulfate d'ammoniaque, en traitant le même oxide par le sulfure de potasse, le calomel par l'hydrosulfate d'ammoniaque, le calomel par le sulfure de potasse, le turbith minéral par l'hydrosulfate d'ammoniaque, le même turbith par le sulfure de potasse, le mercure soluble de Hahnemann par l'hydrosulfate de potasse ou par le sulfure de la même base, etc.

DETENTE DE VAPEUR,

Communiquée par M. Granger *à M.* Thiébaut.

Quoique l'emploi de la force motrice de la vapeur puisse être considéré comme nouveau pour la France, où cependant cette force a été découverte, on ne saurait disconvenir que tous ses

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ont aussi bien connus, soit théoriquement, soit pratiquement qu'en Angleterre, où Newcomen et Watt ont pris naissance, et où les machines à vapeur représentent une force de plusieurs millions de chevaux. Nos constructeurs, quoiqu'en beaucoup plus petit nombre, ne le cèdent en rien en habileté aux constructeurs anglais, ils connaissent et savent apprécier les divers systèmes, et les formes qu'ils donnent aux différentes parties de la machine, qui ne sont ni moins élégantes ni moins appropriées aux fonctions qu'elles doivent remplir. C'est convaincus de cette vérité, que nous ne pouvons nous empêcher de regretter que le conseil de perfectionnement du conservatoire royal des Arts et Métiers ait décidé qu'un modèle de machine à vapeur serait acheté en Angleterre, où l'on paiera bien cher, pour obtenir peut-être un modèle imparfait dont on n'aura pu surveiller l'exécution, et qui sera peu propre à servir de guide aux constructeurs français. Cette mesure serait concevable, si l'on voulait présenter à ceux-ci le modèle d'une machine qui n'ait point encore été exécutée, qui ne fût pas connue en France; mais quel système y est resté inconnu? N'y fait-on pas les machines de Watt, de Woolf, de Trevithick? n'y connait-on pas les perfectionnemens d'Edwars, les dispositions de Taylor, celles d'Olivier Evans, de Hall, etc.?

Nos savans ne sont nullement en arrière sur les théories qui se rattachent à cet agent important; il est même permis de croire, d'après les travaux de MM. Dulong, Arago, Clément, etc.; d'après les ouvrages de M. Christian, de M. Coriolis, etc., que nous n'avons rien à envier aux Anglais dans les recherches scientifiques qui ont eu la vapeur pour objet, et dans l'application de l'analyse au calcul de ses effets. Il est vrai que ce qu'on possède est encore loin d'être complet, que les travaux épars des savans n'ont pu encore rendre à l'industrie des services bien signalés soit pour une augmentation de force, soit pour une économie dans les constructions, qu'enfin nous sommes aussi loin de posséder une théorie complète de la vapeur que de la résistance des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fluides ; que peut-être on cherchera la première aussi longtemps que la seconde, qui, en bien des cas, devrait lui servir d'auxiliaire. Mais on est sur la bonne voie, l'attention des géomètres est de plus en plus éveillée, et leur amour-propre excité par la difficulté même. Espérons que l'analyse, en s'emparant de ces questions, parviendra à en donner la solution, et que l'industrie profitera tôt ou tard, comme elle finit toujours par le faire, des travaux des savans.

Parmi les principales parties de la théorie de la vapeur qui ont donné lieu aux plus nombreuses recherches et discussions, il faut ranger le calcul de l'effet dû à la détente, ou la propriété expansive de la vapeur.

Watt, qui semble avoir embrassé de son vaste génie tous les phénomènes et toutes les applications de cet agent étonnant, avait découvert que la vapeur de l'eau tendant à soulever la soupape de sûreté d'une chaudière, avec une force expansive égale à 4 livres par pouce carré, était capable de se déployer dans une espace quatre fois plus considérable que celui qu'elle occupe étant comprimée, en conservant, après l'expansion une force élastique égale à la pression de l'atmosphère ; il avait indiqué le parti qu'on pouvait tirer de cette propriété, mais il croyait en même temps avoir assez fait pour son siècle, et que les services qu'il venait de rendre à l'industrie et à la société en général étaient assez grands pour qu'il pût se dispenser d'y faire encore quelques additions, qui, en ce temps, eussent été peu utiles et peu appréciées.

Mais, lorsque les machines à vapeur, devenues plus nombreuses, eurent régularisé le prix des objets de fabrication, lorsque l'immense avantage, qu'avait procuré à quelques manufacturiers leur première introduction dans leurs ateliers, eut disparu sous cette régularisation, on étudia de nouveau la vapeur, on chercha, dans des combinaisons nouvelles, dans des applications des principes déduits de la théorie, une augmentation de puissance, ou une économie de combustible qui procurât de nouveaux avantages aux innovateurs. Alors naquirent les machines à détente et les machines à hautes pressions.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Hornblower employa la détente de la vapeur à basse pression dans un cylindre séparé. Woolf, s'emparant de la remarque de Watt, poursuivit ses recherches pour des températures et des pressions élevées, et publia la formule du rapport qu'il croyait exister entre le volume de la vapeur supposée capable de soutenir la pression atmosphérique, et son effort contre une surface d'un pouce carré de la chaudière exprimée en livres. En résumant ses expériences, on voit qu'il avait trouvé que la loi donnée par Watt se soutenait dans des limites très-étendues, et il l'exprime ainsi : le nombre de fois qu'une vapeur d'une température et d'une force élastique données peut multiplier son volume primitif mesuré à la température de l'eau bouillante, est, à très-peu près, exprimé par le nombre de livres que cette vapeur peut soutenir sur un pouce carré de surface, exposée à la pression de l'atmosphère, toujours en supposant que le vase dans lequel on laisse la vapeur se détendre, a été d'avance amené à la température qu'avait la vapeur avant son expansion.

Il est essentiel, en effet, que la température des parois du vase dans lequel s'opère la détente soit à la même température que la vapeur, afin que celle-ci conserve sa température primitive; car, d'après la loi de Mariotte, une vapeur à la température de 122° = 2 atmosphères, qui occuperait un espace quinze fois plus grand, ne conserverait, sans le concours du calorique, qu'une force de pression de 2 livres par pouce carré, au lieu de faire équilibre à l'atmosphère. L'influence de la température seule donne donc une augmentation de 13 livres par pouce carré. Watt avait déjà aperçu cette influence due à la température (1).

On sait que l'expérience n'a pas sanctionné toutes les prévisions de Woolf ; il avait supposé que la température en s'élevant produisait des pressions beaucoup plus fortes que cela n'a lieu. Toutefois on ne peut nier les avantages que

(1) Voyez Christian, *Mécanique industrielle*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'industrie, a, dans certaines localités et dans certains cas, retirés de l'emploi de sa machine.

M. Woolf introduisit en 1812, dans le Cornouailles, son système de machines à deux cylindres; mais il chercha aussi à appliquer le principe de la détente aux machines de Watt; pour cela il lui suffit de donner plus de résistance à la chaudière en adoptant celle de Trévithick, d'adapter au cylindre une jaquette, et d'établir un mécanisme propre à régler l'intromission de la vapeur. On obtint de fort bons résultats de ce perfectionnement; mais cependant un inconvénient grave, qui résulte sans doute de la disposition du mécanisme de la détente, empêche que l'on ait tiré de cette amélioration tout le parti qu'on devait en attendre; les mouvemens du piston sont devenus très-irréguliers; aussi, en beaucoup de cas, a-t-on préféré les machines à double cylindre aux anciennes machines devenues à expansion.

En France, plusieurs constructeurs ont employé la détente dans un seul cylindre avec succès. Il suffit de rappeler le mécanisme employé par M. Saulnier de la Monnaie, et que nous avons publié dans notre numéro de janvier 1829, pour démontrer qu'il a rempli les conditions d'isochronisme, indispensables au bon travail d'une machine.

La détente qui fait l'objet de la planche 9 du présent cahier, a été communiquée par M. Granger à M. Thiébaut aîné, du faubourg Saint-Denis, qui l'a fait construire dans ses propres ateliers, et l'a adaptée à une machine à basse pression de M. Saulnier. La chaudière cylindrique de la machine a permis de travailler à une pression de 2 et demi atmosphères.

M. Thiébaut a tiré de cette innovation des avantages remarquables, quoiqu'ils soient loin encore de ce qu'indique la théorie. Il économise un tiers du combustible qu'il consumait avant l'application de ce mécanisme.

M. Thiébaut se fait un plaisir de communiquer ce mécanisme aux personnes qu'il peut intéresser.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Explication de la planche.

Fig. 1re. A. Cylindre à vapeur : il est à double enveloppe ou à jaquette.

B. Piston.

C. Boîte à vapeur ordinaire.

D. Tiroir de la détente et ses diverses positions selon celles de l'excentrique E.

F. Bielle horizontale qui met en communication le tiroir D et l'excentrique E, au moyen du levier coudé G et des tiges H.

I. Arbre avec lequel se meut le levier G.

J. Contrepoids fixé à la tige K. Cette dernière tige, ainsi que la bielle horizontale F, porte une poignée au moyen de laquelle on met en train.

L. Anneau dans lequel se meut l'excentrique E. Il est fixé à la bielle horizontale F, et porte des lames d'acier *a*, qui, diminuent le frottement. L'excentrique porte des lames semblables. Voy. fig. 5 et 6.

L'extrémité de la bielle F se termine en une tige M, qui passe dans le collier N, fixé à la colonne. C'est ce collier qui sert de guide à la bielle.

Les différentes positions de la bielle, de l'excentrique et du tiroir, sont indiquées par les chiffres 1, 2, 4 et 3.

Dans la position qui correspond au chiffre 1, le tiroir permet l'introduction de la vapeur sur le piston par le conduit *b*; la courbe de l'excentrique est combinée pour que cette position continue assez long-temps pour que la vapeur introduite pousse le piston jusque vers le milieu de sa course.

Dans la position qui correspond au chiffre 2, le tiroir intercepte toute communication à la vapeur. Celle qui est dans le cylindre continue son action par l'expansion.

L'excentrique est tellement disposé que, de la position 2, le tiroir passe à la position 4, dans laquelle on voit que le tiroir permet l'introduction de la vapeur sous le piston par le conduit *b'*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Enfin la position 4 ramène le tiroir à la position 2 par un mouvement rétrograde de la bielle, et la communication se trouve de nouveau interceptée; cette position dure assez long-temps, vu la forme de la courbe de l'excentrique pour que la vapeur ait le temps de se détendre dans le cylindre, et de le pousser jusqu'en bas ou jusqu'en haut de sa course avant que le tiroir ne donne accès à un nouveau volume de vapeur.

Fig. 2. Vue détachée de l'arbre I et des tiges H qui portent le tiroir.

Fig. 3. Support de l'arbre I, fixé au bâti.

Fig. 4. Vue en dessus et vue de côté du collier N.

Fig. 5. Vue de face de l'excentrique E. La courbe en est disposée pour opérer une détente de la moitié de la capacité du cylindre. C'est la partie de la courbe *e e'* qui sert à détendre; la courbe *e' f* ne sert qu'à déplacer le tiroir pour établir la communication du cylindre avec le condensateur.

Fig. 6. Vue de côté de l'excentrique.

Bornés par l'espace, nous ajournerons jusqu'au prochain cahier le calcul de l'effet dû à la production de la vapeur, et de celui qui résulte de l'emploi de l'expansion, d'après M. Coriolis. Nous nous contenterons aujourd'hui de rappeler comment M. Clément parvient à faire comprendre l'avantage immense qu'on peut tirer de la détente, et comment l'effet mécanique dû à son emploi croît dans une proportion bien plus rapide que celui qui est dû à l'augmentation de température, ou à l'emploi des hautes pressions. Il reconnaît le principe que la force mécanique due à la production de la vapeur *est égale à son volume multiplié par la pression*. Il l'explique de la manière suivante : supposons un appareil quelconque, un vase cylindrique plein d'eau, et, par hypothèse, imperméable à la chaleur; si nous faisons arriver au fond de cet appareil un robinet qui donne admission à la vapeur à la même température que l'eau contenue dans le vase, on conçoit aisément que, quelle que soit la pression, la bulle de vapeur qui y arrivera, occupera un certain espace, tantôt

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plus grand, tantôt plus petit, selon la plus ou moins grande pression qu'elle supportera. Or, comme nous avons supposé que le vase est plein d'eau, la vapeur, en s'y logeant, déplacera, à la partie supérieure du vase, une quantité d'eau égale en volume à celle de vapeur admise dans le fond de l'appareil. Si donc cette vapeur, en arrivant dans le fond du vase, est soumise à une pression égale à H, et qu'elle déplace un volume d'eau v à la surface, ou, ce qui est la même chose, qu'elle occupe au fond du vase un espace égal à v, il est clair qu'en multipliant son volume par la hauteur de pression qu'elle supporte, on aura l'expression exacte de la force dont elle est douée à sa naissance : cette force sera donc représentée par vH. Mais cet effet mécanique est peu de chose, comparé à celui dont elle est capable, si on la laisse se détendre dans le vase où on l'a introduite. Il n'est qu'une faible partie du maximum d'effet dû à la puissance de la vapeur. Puisque les gaz, auxquels on assimile la vapeur d'eau, occupent un volume qui est en raison inverse des pressions qu'ils supportent (abstraction faite de la correction pour la température), ou, en d'autres termes, puisque la densité est proportionnelle à la tension dans tout espace saturé, il est clair que si la vapeur que nous avons introduite dans notre cylindre occupait, en y entrant, un volume v sous la hauteur de pression H, cette vapeur, en s'élevant jusqu'à la hauteur $\frac{H}{2}$, occupera un espace double, représenté par $2v$; que par conséquent elle aura déplacé un volume d'eau double de celui qu'elle a déplacé à sa naissance, et que l'effet mécanique dû à la détente est déjà égal à celui qui est dû à la production, en supposant, comme c'est le cas dans les machines à haute pression sans détente, que la vapeur est anéantie immédiatement après avoir produit l'effort dû à sa naissance ; enfin, en supposant que la vapeur que nous avons introduite dans le vase rempli d'eau, y supporte une pression égale à 10 atmosphères, si nous laissons la vapeur se détendre, jusqu'à ce

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'elle arrive à la surface du vase, où elle ne supportera plus que la pression de 1 atmosphère, la vapeur occupera un volume dix fois plus grand que son volume primitif, elle aura déplacé un volume d'eau égal au sien, et son effet total ou son maximum d'effet sera donc, en laissant agir la détente, dix fois plus grand que celui qui était dû à la production.

M. Clément a tracé un diagramme fort ingénieux, pour présenter aux yeux la comparaison des effets dûs à la production de la vapeur et à la détente. Il résulte de son inspection que, jusqu'à dix atmosphères, il y a un avantage considérable à employer l'expansion; mais, qu'au-delà, cet avantage décroît rapidement, et que ce serait s'exposer à de grands dangers pour obtenir une faible compensation : il croit qu'on doit se tenir dans les limites de 3 à 6 atmosphères.

H. D.....d.

FABRICATION

DE CREUSETS RÉFRACTAIRES.

La société d'encouragement de Paris favorise par les prix qu'elle propose la fabrication en France des creusets réfractaires. On a tenté quelques essais qui ont donné des résultats assez satisfaisans; les creusets de Mouchy entr'autres ont supporté des températures extrêmement élevées.

Les recherches des industriels à cet égard sont assez importantes pour que la société d'encouragement de Londres suive l'exemple de celle de Paris. Elle vient de récompenser M. Sidney Charles Smith, pour les creusets réfractaires qu'il fabrique avec l'argile d'Angleterre.

Dans les essais qu'on a tentés pour apprécier leur qualité, l'un de ces creusets a été exposé à la température de fusion de la fonte durant 2 jours et la nuit intermédiaire; pendant ce temps on y a fondu 23 charges de fonte de 70 livres chacune.

Un deuxième creuset est resté dans le fourneau pendant trois jours; on avait soin d'alimenter le feu pour la nuit, afin

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'empêcher le refroidissement du creuset. On y a passé 18 charges de fonte du même poids que celles qu'avait reçues le premier.

Aucun des deux creusets ci-dessus n'était fendu, ni troué. Mais cependant l'obligation où l'on avait été après chaque fusion de détacher les scories qui en entouraient les bords, avait occasioné des brèches assez profondes sur les parois pour mettre ces creusets hors de service.

On emploie à leur fabrication l'argile (de stourbridge), le coke et la plombagine.

Il faut préférer l'argile en masse à celle qui est en poudre, parce qu'elle contient moins d'impuretés.

On met une quantité convenable de cette argile sur un crible dont les mailles ont un quart de pouce environ, on la trie avec soin pour enlever les cailloux et autres impuretés; puis on la crible.

Les morceaux qui ne passent pas sont jetés dans un mortier de fer où on les pile pour les rendre assez menus pour passer à travers un crible plus serré que le premier et dont les mailles ont un huitième de pouce. On met à part cette argile menue.

Le coke qu'on emploie est préparé de la manière suivante : on casse les deux extrémités des masses telles qu'elles sortent du four (le coke qui a servi à la fabrication du gaz est de qualité inférieure et doit être rejeté). On le pile en prenant soin de faire le moins de poussière qu'on le peut; on le passe alors à travers le crible de un huitième de pouce, on rejette tout ce qui passe et l'on conserve le reste qu'on expose à son tour sur le crible d'un quart de pouce. Ce qui passe à travers ce dernier crible est de grosseur voulue.

La plombagine est celle du Mexique, il faut la réduire en poudre très-fine.

La table sur laquelle on fait le mélange de ces différentes substances, a six pieds carrés, elle est élevée d'environ deux pouces au-dessus du sol. Pour opérer le mélange, on s'y prend de la manière suivante : on commence par jeter sur le gros crible 8 parties d'argile et 5 parties de coke, et on les crible

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ensemble sur la table où on les mélange encore avec la main. Quand la masse paraît uniforme on l'assemble en un tas, on y verse de l'eau pure, on agite et l'on pétrit le tout en consistance de mortier. Alors on fait fouler le mélange par un homme qui a les pieds nus, qui a soin d'appuyer les talons et tourne de la circonférence au centre. On retourne le mélange avec une spatule, on le foule de nouveau en prenant soin de continuer ainsi pendant 20 minutes environ. Au bout de ce temps on jette sur le crible le plus fin 4 parties de la plombagine en poudre, on en fait tomber une petite quantité sur le mélange d'argile et de coke, assez pour le couvrir; on recommence à fouler et à retourner la masse entière, comme il a déjà été expliqué; on saupoudre de nouveau avec la plombagine placée sur le crible et l'on continue l'opération jusqu'à ce que le mélange des différentes substances soit intime et qu'on puisse supposer qu'il ne reste plus d'air dans la masse, condition fort importante, puisqu'on sait qu'une bulle d'air incorporée dans la pâte du creuset en affaiblit assez les parois pour que le métal en fusion ne tarde pas à se faire jour à travers.

On laisse la pâte en un tas pendant une nuit, et dès le lendemain matin, on peut commencer la fabrication des creusets.

Les quantités que l'auteur mélange à la fois sont environ 8 litres d'argile, 5 de coke et 4 de plombagine.

La méthode dont se sert l'auteur pour fabriquer les creusets est combinée de manière à empêcher l'air de pénétrer dans la pâte et les creusets de se fendre et de se déformer en séchant; elle sera décrite dans le cahier prochain,

H. D.....d.

Imprimerie de Selligue, rue des Jeûneurs, n° 14.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Conservatoire des arts et mé

N° 4 (8e VOLUME.) Février 1830.

L'INDUSTRIEL,

JOURNAL

PRINCIPALEMENT DESTINÉ A RÉPANDRE LES CONNAISSANCES UTILES A L'INDUSTRIE GÉN RALE, AINSI QUE LES DÉCOUVERTES ET LES PERFECTIONNEMENS DONT ELLE EST JOURNELLEMENT L'OBJET.

TRAVAIL DU FER A L'ANGLAISE.

FENDERIE DE FORGE, COMMUNIQUÉE PAR M. SONOLET.

Fig. 1re, planche 10. Elévation vue de face.

Fig. 2, section verticale faite selon la ligne XX de la figure 5.

Fig. 3, élévation vue de côté.

Fig. 4, plan du socle ou base du système.

Fig. 5, coupe horizontale faite selon la ligne YY de la figure première, et laissant voir les pièces des coussinets.

Fig. 6, 7, 8, 9, 10 et 11. Détails qui sont expliqués dans la légende.

A. Socle ou plaque d'établissement.

Elle se boulonne sur les pièces de bois qui forment la fondation du système général des cylindres.

A. Trous dans lesquels passent les boulons d'attache.

Chacun des quatre coins du socle porte un trou cylindrique *b*, (fig. 4.)

B. Colonnes dont l'extrémité supérieure porte une vis.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces colonnes ont une embâse à leur partie inférieure et pénètrent jusqu'à cette embâse dans les trous cylindriques *b* du socle, dans lesquels elles sont fixées au moyen de clavettes qui pénètrent partie dans l'embâse, et partie dans les quatre saignées qui règnent dans toute la hauteur du socle.

Les colonnes B sont en fer forgé corroyé.

C. Arbre horizontal sur lequel sont montées toutes les pièces qui composent la trousse inférieure.

Cet arbre C est carré dans toute sa longueur à l'exception des gorges qui tournent sur le coussinet inférieur ci-après, et qui sont cylindriques.

D. Fig. 5, coussinet inférieur. Il est en cuivre, enchâssé dans le pallier en fonte E.

Le pallier E embrasse les deux colonnes d'un même côté. Il est représenté en plan sur le socle, figure 4, mais n'a point de saignées comme ce dernier.

d. Taillans de la trousse. Ils sont en fer battu trempé en paquets et portent une rondelle d'acier qui est soudée à leur circonférence. Ceux que représente la figure 1re sont disposés pour fendre du fer de six lignes. Les intervalles sont remplis par des rondelles en fer d'une épaisseur égale à la largeur que doit avoir le fer. Les gardes *c* se trouvent en dehors, et enfin, des rondelles *f* sont placées extérieurement.

Toutes ces pièces, c'est-à-dire, les taillans, les rondelles entre deux, et les rondelles extrêmes sont percées de quatre trous à la même distance du centre commun et qui sont destinés à recevoir quatre boulons qui les réunissent et les maintiennent. Voy. fig. 2.

La trousse supérieure est montée sur l'arbre F. Elle est semblable à la trousse inférieure, si ce n'est qu'elle n'est pas munie de gardes *c* comme celle-ci. Elle porte quatre taillans. Les deux trousses doivent engrener d'environ une ligne et demie à deux lignes. On a forcé cette proportion sur le dessin, mais au montage on la règle, on l'augmente ou on la diminue au moyen de rondelles plus ou moins épaisses, semblables à celles qui sont indiquées sur les colonnes B.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

G. Traverses en fer forgé saisissant deux colonnes adjacentes. Il en existe deux semblables de chaque côté.

g. Platines dites *porte-vergettes*, placées en-dessus et en-dessous de chacune des deux traverses G.

Le côté intérieur de ces pièces présente un angle aigu sur lequel viennent se fixer les pièces *i* ou *vergettes*, petites traverses en fer qui passent dans l'entre-deux des taillans. Elles doivent avoir une épaisseur telle, qu'elles ne forcent pas les pièces contre lesquelles elles appuient.

Le but des vergettes est de maintenir le fer qui passe entre les trousses dans une direction horizontale et d'empêcher qu'il ne se roule autour des trousses.

H. Deux boulons à tête longue et à clavettes, qui servent à règler, d'après leur épaisseur, l'écartement des porte-vergettes *g*. Cet écartement est de 18 lignes.

Les boulons H servent encore à serrer les porte-vergettes *g* et les traverses G et en même temps à maintenir le système en entier.

L'écartement produit par les boulons sert à introduire le fer qu'on veut fendre; c'est du côté de leur tête que se fait cette introduction.

Entre les traverses G, au-dessus et au-dessous de chacune d'elles, se trouvent plusieurs rondelles de fer *e*, dont les épaisseurs varient selon qu'on veut hausser ou baisser les trousses.

Celles de ces rondelles qui portent sur les traverses, ont la même forme qu'elles. Elles ne font pas le tour de la colonne, mais l'embrassent seulement d'un côté, comme un fer à cheval, afin qu'on ne soit pas obligé, en cas de changement, à ôter toutes les pièces qui les surmontent. Celles qui sont au-dessus sont circulaires.

K. Pallier qui porte la trousse supérieure; il pose sur les rondelles circulaires *e*, indiquées plus haut.

L. Chapeau du pallier K.

M. Traverse maintenant encore l'écartement de la partie supérieure des colonnes. Elle empêche leur balancement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

FABRICATION DU FER A LA HOUILLE.

Sur les circonstances dans lesquelles sont placées les différentes usines d'Europe qui fabriquent le fer à la houille ; par M. AUGUSTE PERDONNET, *ancien élève de l'école Polytechnique et de l'école des mines.*

C'est en Angleterre que la rareté du bois et l'abondance de la houille ont donné naissance au procédé de réduction des minerais de fer et d'affinage de la fonte par le moyen de la houille. Ce procédé a été aujourd'hui adopté sur plusieurs points du continent ; il s'est surtout considérablement répandu en France, depuis quelques années, et il paraît destiné à y remplacer presque exclusivement l'ancienne méthode, du moins dans un grand nombre de départemens. Il nous importe donc de bien connaître la situation et les circonstances dans lesquelles se trouvent les usines des pays voisins, et de les comparer avec celles dans lesquelles sont placées les usines de France pour déterminer exactement le droit minimum capable de nous garantir de la concurrence étrangère. Ce n'est aussi que par un rapprochement de ce genre que nous pourrons savoir exactement quels sont les établissemens, où, trouvant de nombreux points d'analogie avec les nôtres, nous pourrons aller puiser d'utiles leçons.

L'Angleterre et l'Ecosse fabriquent annuellement, à elles seules, 600,000 tonnes de fonte au moyen de la houille carbonisée, dont 336,662 tonnes sont converties en fer malléable aussi par la houille ; 170,912 tonnes sont refondues pour la moulerie, et 89,426 tonnes coulées immédiatement du haut fourneau. Il n'y a en Irlande que deux hauts fourneaux dont aucun, je crois, n'est en feu.

La Prusse ne produit chaque année que 5 à 6000 tonnes de fonte au coke ; mais on n'en affine encore aucune portion avec la houille seule ; 381 tonnes seulement sont affinées an-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nuellement avec la houille et le charbon de bois à l'usine de Rybnick, le reste est affiné au charbon de bois ou refondu pour la moulerie.

On était sur le point de construire, il y a quelques années, des hauts fourneaux en Pologne, mais je ne sais si on les a terminés depuis que j'ai quitté ce pays.

La Belgique ne possède de hauts fourneaux à coke qu'à Liège et à Charleroi, et trois, je crois, seulement sont en activité, un à Liège dans l'usine de Seraing, chez M. Cockerill, et deux à Charleroi; mais on y affine par le procédé anglais, une assez grande quantité de fonte fabriquée au charbon de bois.

D'après le tableau inséré dans l'enquête sur les fers, la France a produit en 1828, 17,100 tonnes seulement de fonte au coke sur 201,879 tonnes qui composaient la production totale et on en a affiné 47,611 avec la houille.

Usines de la Grande-Bretagne.

On s'étonne aujourd'hui du prix excessivement bas auquel les Anglais peuvent livrer leurs fers. On l'attribue, avec raison, aux circonstances favorables dans lesquelles se trouvent construites les usines de la Grande-Bretagne, mais on ne paraît pas connaître tontes ces circonstances également bien et se former une idée parfaitement claire de leur réunion. Nous allons tâcher de jeter quelques lumières sur cet important sujet.

C'est dans le sud du pays de Galles que l'on fabrique en Angleterre le fer au meilleur marché.

Les mines y sont peu profondes. On y entre le plus souvent par des galeries horizontales. Elles renferment en même temps la houille, le minerai, l'argile et même quelquefois le grès réfractaire; le calcaire, dont on se sert comme fondant, se trouve dans le voisinage. Les couches d'une épaisseur qui ne dépasse pas neuf pieds, sont faciles à exploiter. L'extraction de la houille est si aisée que ce combustible coûte rarement au maître

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de forges plus de trois à quatre shellings (3 fr. 75 c. à 5 fr.) la tonne.

Les gites de combustible minéral semblent, dans le pays de Galles, disposés sur une espèce de courbe elliptique. La houille très bitumineuse dans certaines parties du Glamorganshire perd graduellement son bitume à mesure que l'on s'en éloigne de part et d'autre, et finit par passer à l'anthracite ou carbone à peu près pur. Il suit de là que l'on rencontre dans les diverses localités du pays de Galles des houilles dont la perte en poids à la carbonisation est très-variable. Ainsi à Ponty-pool, la houille perd généralement, lorsqu'on la carbonise en plein air, 50 p. 100 de son poids. A Merthyr-Tydwil, d'après les donnéesque j'ai recueillies sur les lieux et qui concordent avec celles qui ont été publiées par MM. Dufrénoy et de Beaumont, elle perd rarement au-dessus de 30 p. 100.

Les houilles du pays de Galles sont généralement très-pures, si ce n'est dans le midi où elles sont quelquefois un peu pyriteuses.

Les minerais sont riches, puisqu'ils contiennent moyennement avant d'être grillés, 33 p. 100 de fer, et environ 44 p. 100 lorsque, après avoir été grillés, on les jette dans le fourneau.

On a encore l'avantage, dans le pays de Galles, de pouvoir tirer par mer du Lancashire d'excellent minerai de fer hématite, renfermant jusqu'à 70 p. 100 de fer, que l'on mêle avec les minerais carbonatés du pays et dont la grande richesse paie les frais de transport.

Enfin, outre cela on refond dans le haut fourneau toutes scories de puddlage assez riches et assez pures pour subir cette opération.

Merthyr-Tidwil est la localité qui, dans le pays de Galles, est la plus favorisée, aussi le fer à bon marché est-il particulièrement fabriqué dans les environs de cette ville.

Aux avantages que nous venons d'énumérer et qui lui sont communs avec d'autres parties de la principauté, elle joint celui de posséder d'abondantes chutes d'eau.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La houille, extraite des mines du voisinage, fournissant, ainsi que nous l'avons dit plus haut, une quantité de coke considérable comparativement à son poids, il en faut moins que partout ailleurs en Angleterre pour réduire une certaine quantité de minerai, ce qui devient déjà la source de grandes économies. Mais ce ne sont pas les seules auxquelles elle donne lieu. Elle est de telle nature qu'elle est susceptible d'être employée avec avantage dans des fourneaux d'une capacité immense, dont la production est proportionnelle à cette capacité. Ainsi, la plupart des fourneaux des environs de Merthyr n'usent pas au delà de trois tonnes à trois tonnes et demie de houille pour la fabrication d'une tonne de fonte, et ils produisent ordinairement 70 tonnes par semaine. On en a même obtenu jusqu'à 100 tonnes, ce qui est égal à la production de dix ou douze de nos fourneaux à charbon de bois. La fonte obtenue en si grande quantité à la fois avec un faible poids de combustible n'est naturellement pas de la meilleure qualité, mais elle fournit un fer assez bon pour un grand nombre d'usages.

La conversion même de cette fonte en fer malléable s'opère dans le pays de Galles d'une manière très économique. On se sert pour l'affiner dans plusieurs usines de fourneaux de nouvelle construction dont la consommation en combustible est très faible.

Dans un grand nombre d'établissemens, on ne commence point par comprimer la loupe sous un gros marteau, comme dans le Staffordshire, ce qui peut améliorer la qualité du fer, mais ralentit le travail; on la passe immédiatement sous des cylindres *ébaucheurs*.

Les ouvriers anglais, comparés à ceux du continent, font plus d'ouvrage dans le même temps, soit qu'ils aient plus d'habitude de ces procédés, soit qu'ils travaillent davantage. Ce fait est incontestable. Toutes les personnes qui ont dirigé des usines en attesteront la vérité.

Peut-être enfin trouve-t-on encore dans plusieurs usines du pays de Galles une économie dans la simplicité et l'*unité* de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

leur direction. Cette direction n'a point, pour des actionnaires, de places inutiles largement rétribuées. Elle dépend d'un seul homme propriétaire de l'établissement. Ainsi, par exemple, M. Crawshay, possède, aux environs de Merthyr, treize de ces immenses hauts fourneaux qui, ensemble, peuvent produire près du cinquième de la fonte que produit la France entière. M. Guess en possède onze et une forge extrêmement vaste. La force totale appliquée aux machines de cette usine s'élève, à ce que l'on m'a assuré, à près de mille chevaux de vapeur !... M. Hill est également propriétaire d'un établissement de ce genre d'une très grande étendue.

A Merthyr on fabrique presque exclusivement du fer malléable. Dans d'autres parties du pays de Galles où les circonstances sont un peu différentes, on fabrique aussi une excellente fonte de moulage et des fers forgés de qualité supérieure.

Le prix de la fabrication de la fonte de fer varie dans le pays de Galles entre 80 et 85 fr. la tonne de 1,000 kilog., celui de la fonte de moulage entre 90 et 95 fr., et enfin celui du fer forgé entre 150 et 165 fr.

Si dans cette partie de l'Angleterre on a d'immenses avantages pour la fabrication du fer, on n'est pas moins bien partagé sous le rapport des débouchés. La mer est à peu de distance, et des canaux ou des chemins de fer, dont le capital de construction est depuis long-temds remboursé, servent aux communications intérieures.

Le Staffordshire, le Shropshire, le Yorkshire et l'Ecosse, sont, après le pays de Galles, les parties de la Grande-Bretagne, les plus remarquables par leurs usines à fer. On trouve aussi quelques fourneaux dans le Deryshire, le Lancashire, le Northumberland, le Cumberland et le Leicestershire.

Dans le Stafforshire, les mines sont plus profondes que dans la principauté de Galles. Il faut y pénétrer par des puits. La principale couche dont on retire la houille est d'une épaisseur qui en rend l'exploitation difficile et dangereuse. Aussi

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la houille y coûte-t-elle généralement au moins 6 shellings (7 fr. 50 c.) la tonne. On n'a pas de chute d'eau. Nulle part la houille ne perd moins de 50 p. 100, terme moyen, à la carbonisation en plein air, et il ne paraît pas que l'on puisse, en aucun endroit de ce comté, se hasarder à construire des fourneaux d'une aussi grande capacité que ceux de Merthyr. Du reste, on y trouve des houilles de bonne qualité, des minerais purs et riches, et de l'argile réfractaire, stratifiés dans un même terrain, et l'on a le fondant dans le voisinage.

Le Staffordshire est situé au centre de l'Angleterre; et des canaux ou chemins de fer qui sillonnent le pays en tous sens, établissent des communications faciles avec les autres parties du royaume.

Dans ces circonstances, on cherche plutôt à fabriquer de bons fers à un prix modéré, que des fers médiocres à très bon marché.

Le prix de fabrication de la fonte de fer y varie entre 90 et 95 fr. la tonne, celui de la fonte douce entre 100 et 110 fr., et celui du fer malléable entre 165 et 175 fr.

Malgré cela, le Staffordshire soutient aujourd'hui difficilement la concurrence du pays de Galles, et lorsque l'année dernière j'y ai séjourné, un grand nombre d'usines étaient arrêtées.

Le Shropshire se trouve à peu près dans les mêmes circonstances que le Staffordshire. Le Yorkshire également. On s'attache surtout dans le Yorkshire à fabriquer des fers de toute première qualité. La houille y est plus facile à exploiter que dans le Staffordshire.

En Écosse, aux environs de Glasgow, la houille, le minerai et le calcaire se trouvent en abondance, et sont d'une extraction si facile qu'on y fabrique d'excellentes fontes de moulage qui, malgré les distances, se vendent sur les marchés de Londres, Newcastle et Liverpool, en concurrence avec les fontes du Staffordshire et du pays de Galles. On n'y fabrique point de fer malléable.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On voit donc que la réunion presque constante de la houille, du minerai, du fondant et des grès ou argiles réfractaires, en Angleterre, est la principale cause du bon marché des fers de ce pays, et que l'établissement d'un bon système de communication intérieure a seul pu encourager une production qui, sans cela, eût été limitée faute de débouchés. Mais on ne manquera pas aussi d'observer que beaucoup d'autres circonstances encore contribuent, surtout dans le pays de Galles, à diminuer les frais de la fabrication.

Usines de Prusse.

La haute Silésie est la seule province de Prusse où l'on fabrique aujourd'hui la fonte avec le coke. Il existait il y a quelques années un haut fourneau à coke à Geislautern, près de Sarrebruck, mais je crois qu'il n'est plus en activité.

Le nombre des hauts fourneaux à coke de la Silésie est aujourd'hui de huit ou neuf. Les premiers ont été construits il y a déjà une trentaine d'années, sous le ministère et par les ordres de M. de Reden, administrateur éclairé auquel l'industrie prussienne doit une grande partie de ses perfectionnemens.

Une petite portion seulement des minerais que l'on réduit en Silésie provient des houilleres, l'autre partie se compose de minerais hydratés qui appartiennent à une formation calcaire et de fers argileux carbonatés qui ont leur gisement dans une espèce de terrain d'alluvion.

Les minerais hydratés et fers carbonatés du terrain d'alluvion ne se trouvent pas dans le voisinage des usines. Il faut les aller chercher à une certaine distance.

Ils sont en général d'assez bonne qualité, mais le mélange que l'on réduit contient rarement, lorsqu'on le jette dans le haut fourneau, plus de 32 p. 100 et quelquefois même seulement 28 pour 100, tandis qu'en Angleterre et en Écosse, ainsi que nous l'avons vu, il renferme 44 p. 100 et quelquefois da-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vantage. Aussi, la production des fourneaux ne s'élève-t-elle pas au-delà de 20 à 22 tonnes par semaine.

Le csatine se trouve avec le minerai. La houille ne paraît généralement pas d'une extraction très difficile. Elle revient à environ 6 fr. la tonne de gros morceaux, y compris les droits que tire le gouvernement.

Elle est de qualité assez variable. Celle que l'on emploie à l'usine royale de Kœnigshüte est très-dense et exige pour bruler un vent très-comprimé. Elle est aussi quelquefois traversée par des veines d'une substance noire appelée en Silésie charbon de bois minéral (*mineralische holzkohle*), qui, se réduisant facilement en poussière, engorge le fourneau. Malgré cela, la consommation de coke s'élève rarement au delà de 1,80 pour 1 de fonte, et dans une des dernières campagnes du fourneau de Gleivitz, d'après le tableau qui m'en a été présenté, elle n'était que de 1,40, et restait ainsi au-dessous de la consommation des meillenrs fourneaux d'Angleterre. Ce résultat est d'autant plus extraordinaire, que, comme nous l'avons dit plus haut, les minerais de Silésie sont assez pauvres.

La main-d'œuvre est en Silésie excessivement bon marché, car on n'y paie pas un journalier plus de 10 à 12 sous. Aussi, malgré le peu de richesse des minérais, fabrique-t-on à Gleivitz la fonte de moulage à raison de 115 fr. les 1000 kilog.

Usines de Belgique.

Le haut fourneau de Seraing est placé sur une mine de houille qui contient aussi suffisamment de minerai pour l'alimenter. Il n'est pas éloigné de la castine et d'excellentes terres réfractaires. Enfin il est situé sur les bords d'une rivière navigable.

La réunion du minerai et de la houille ne paraît pas commune aux environs de Liége. C'est ce qui probablement à empêché qu'il ne s'élevât un plus grand nombre de fourneaux à coke dans le voisinage de cette ville.

Les hauts fourneaux de Charleroi sont situés très favorablement, près des mines de houille. Il paraîtrait même, si l'on ne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

m'a pas trompé, que le combustible y est de telle nature, qu'on a pu augmenter la capacité de ces fourneaux presque au même degré que celle des fourneaux du pays de Galles. Il ne revient pas à plus de 5 fr. la tonne de 1000 kilog.

Le minerai est abondant, riche et de bonne qualité. On en a découvert récemment une couche puissante dans le voisinage de l'usine. C'est un hydrate qui a son gisement à la hauteur de l'argile plastique.

La main-d'œuvre, aux environs de Charleroi, est à bas prix. Je pense donc que la tonne de fonte ne doit pas y coûter plus de 100 fr. à fabriquer.

Malgré nos droits, ces voisins sont un peu dangereux.

Si l'on ne fabrique en Belgique qu'une assez petite quantité de fonte au coke, on y applique assez communément le procédé anglais à l'affinage des fontes au bois. Mais, dans plusieurs localités, on ne peut y travailler à bon marché à cause du prix élevé du combustible. Ainsi, à Liége, la houille, malgré la richesse des gites qui la fournissent, coûte ordinairement fort cher à cause de la grande profondeur d'où on est obligé de la retirer, et des frais énormes dans lesquels entraîne l'asséchement de ces mines. Il y a trois ans, la grosse houille employée dans les fourneaux de puddelage coûtait 16 fr. la tonne de 1000 kilog., et la menue 8 fr. Je ne pense pas que ce prix ait pu dès lors éprouver une baisse considérable.

Usines de France.

Les principales localités où l'on fabrique ou veut fabriquer en France la fonte au coke, sont : le Creusot, près Châlons-sur-Saône, Saint-Etienne-en-Forêt et Saint-Chamond, la Voulte, Allais dans le département du Gard, Aubin dans l'Aveyron, dans le Nivernais, à la Jahottière, près de Nantes, à Ayanges, près de Metz, à Epinac, etc. On fabrique, ou on doit fabriquer aussi du fer malléable dans presque tous ces établissemens, mais, à part cela, il en existe un grand nombre d'autres où l'on ne produit que du fer forgé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le creusot placé près du canal du centre, au milieu de la France, est bien situé pour les débouchés, mais il ne se trouve pas de bons minerais à la proximité de l'usine, et l'extraction de la houille y est assez dispendieuse. Ce n'est pas que le combustible minéral soit rare, mais il paraît que l'exploitation des mines du Creusot, jadis très négligée, est aujourd'hui très difficile à diriger régulièrement et économiquement.

Lorsqu'on construisit les hauts fourneaux de Saint-Etienne, on crut le terrain houiller des environs de cette ville semblable à celui du Staffordshire, et on ne douta pas d'y trouver abondance de minerais; mais ce terrain est plutôt comparable à celui des environs de Newcastle-sur-Tyne, qui ne renferme que très peu de fer carbonaté. Aussi les hauts fourneaux de Saint-Etienne sont-ils obligés de tirer une grande partie de leurs minerais de Franche-Comté. La castine y est aussi assez coûteuse.

La houille de Saint-Etienne est quelquefois un peu sulfureuse. Cependant, lorsqu'elle provient de certaines couches, elle donne un fort bon coke qui ne revient pas sur place à plus de 11 à 12 fr. les 1000 kilog. Vu la grande cherté des minerais, je ne pense pas que l'on puisse fabriquer aujourd'hui, à Saint-Etienne, la tonne de fonte à moins de 150 fr. M. Baude en a estimé l'année dernière le prix de revient à 200 fr., et M. Beaunier à 188 fr. (1). Le minerai sera moins cher lorsque le chemin de fer de Saint-Etienne à Lyon sera terminé.

Les établissemens de Saint-Chamond sont à peu près dans la même position que ceux de Saint-Etienne. Ils sont un peu plus rapprochés du minerai, et un peu plus éloignés du combustible.

La Voulte a d'excellens minerais hématites très riches, mais il faut y amener le coke ou la houille de Rive-de-Gier, qui est à une grande distance. Il est probable que cet établissement sera renversé par la concurrence d'Allais.

Allais est situé dans une position extrêmement favorable pour la fabrication de la fonte et du fer.

---

(1) V. l'*Enquête commerciale sur les fers*, pages 152 et 172.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les mines paraissent y être presque toutes exploitables au-dessus du fond des vallées. Les couches d'une épaisseur moyenne de 2 mètres sont généralement assez faciles à enlever. La houille ne coûtera pas plus de 4 à 5 fr. la tonne aux maîtres de forges, si ce n'est pourtant dans quelques endroits où les bancs sont ébouleux; on en obtient de diverses qualités.

Des minerais hydratés et des fers hématites très-purs et très-riches se trouvent, ainsi que la castine, en abondance près du combustible. Le prix d'extraction des minerais ne s'élèvera sans doute pas au-dessus de 4 à 5 fr. par tonne. On dit aussi que l'on rencontre beaucoup de fer carbonaté dans le terrain houiller.

On peut se procurer des terres très réfractaires à de petites distances.

On a, aux environs d'Allais, d'excellentes pierres de construction. Enfin la main d'œuvre y est à meilleur marché qu'en Angleterre.

Il est donc probable que l'on fabriquera à Allais la fonte à 90 fr. la tonne, mais quoiqu'il y ait de bonnes routes d'Allais aux villes voisines, il serait à désirer, pour le débit, que l'on se décidât à établir des canaux ou des chemins de fer, d'Allais au Rhône, ou d'Allais à la mer.

A Aubin, dans le département de l'Aveyron, les circonstances paraissent à peu près aussi favorables à la fabrication du fer qu'à Allais. Les terres réfractaires, il est vrai, ne s'y trouvent pas dans la proximité de l'usine mais les couches de houille s'y exploitent, à ce qu'il paraît, encore à meilleur marché, qu'à Allais. Elles alternent avec des bancs de fer carbonaté de très-bonne qualité, et l'on trouve, à peu de distance, des hématites et des fers oxidés, rouges ou bruns, ainsi que de la castine. « Si l'on compare le bassin d'Allais à celui d'Aubin, a dit M. Beaunier, inspecteur divisionnaire des mines, répondant aux questions adressées par la commission d'enquête sur les fers, on est porté à penser que le premier présente réunies dans un rayon plus resserré et avec de plus faciles communications, les matières

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui doivent concourir à la fabrication du fer, tandis que le second offrira l'avantage d'une plus facile extraction de ces matières et d'un prix de main-d'œuvre moins élevé. De cet ensemble de considérations, je conclus que les prix de fabrication de la fonte et du fer différeront peu des prix que j'ai indiqués lorsqu'il s'est agi du bassin d'Allais. Mais, en prenant les communications dans leur état actuel, les maîtres de forges de l'Aveyron auront plus de dépenses à faire que les maîtres de forge d'Allais pour faire parvenir les produits de leur industrie jusqu'aux grandes lignes de navigation. »

M. Cordier, inspecteur divisionnaire des mines compte cinq bassins houillers dans le midi, outre ceux d'Allais et d'Aubin, auquel il attribue, relativement à la production du fer à la houille, des avantages naturels plus ou moins étendus. Je ferai observer néanmoins que ces bassins houillers ne paraissent pas avoir été jusqu'à ce jour beaucoup explorés, il faut attendre, pour se former une opinion définitive sur leur importance, que la pratique ait prononcé. M. Beaunier cite aussi Aniches et Valenciennes, dans le nord, comme des localités où le combustible et le minerai se trouveraient réunis. Quoi qu'il en soit, la houille se vend dans l'une et l'autre localité à un prix trop élevé et se débite trop aisément pour qu'on trouve de l'avantage à y construire des hauts-fourneaux.

On fabrique dans quelques usines du Berry de la fonte avec du coke ou un mélange de coke et de charbon de bois. Les minerais et la castine que l'on trouve dans le voisinage n'y sont pas très-chers, mais le coke qu'il faut tirer de Saint-Étienne y revient à un prix très-élevé. Je doute donc que l'on puisse y fabriquer la tonne de fonte à moins de 160 à 170 francs.

La position des fourneaux d'Ayange, en Lorraine, offre beaucoup d'analogie avec celle des fourneaux du Berry. On y emploie dans un même fourneau tantôt le charbon de bois, tantôt le coke. Le minerai et la castine y sont à très-bas prix, mais le coke qu'il faut tirer de Sarrebrück (Prusse) coûte 50 francs la tonne, rendu à l'usine. Le mélange de minerai et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de scories de puddlage, que l'on réduit, contient de 36 à 38 p. 0/0 de fer. Lorsque le fourneau est en train, on n'y consomme que 1,80 de coke pour un de fonte, tandis qu'en Angleterre on brûle au moins 2 tonnes de coke par tonne de fonte.

Il existe aussi un haut fourneau à coke à la Jahottière, à une petite distance de Nantes. Le minerai est sur place à très-bon marché; la castine se trouve aussi dans le voisinage, mais il faut aller chercher la houille à plusieurs lieues, en sorte qu'elle revient à 25 sols l'hectolitre ou à environ 13 ou 14 fr. la tonne. On emploie diverses variétés de ce combustible: l'une d'elles renferme une assez forte proportion de cendres, cependant le fourneau de la Jahottière a marché remarquablement bien. D'après des renseignemens dont je garantis l'exactitude, des minerais rendant de 39 à 40 p. 0/0 produisaient 56 tonnes d'une bonne fonte grise par semaine, et on ne consommait que 1,40 de coke pour un de fonte.

Une localité au centre de la France, celle d'Epinac, paraît aussi présenter d'assez belles chances de succès. Les hauts fourneaux sont placés auprès de la castine et du minerai, et communiqueront par un chemin de fer avec des houillères très-riches qui en sont éloignées de 12 à 13 kilomètres. Peut-être ainsi parviendra-t on à y fabriquer la tonne de fer à 100 francs.

Nous n'avons jusqu'ici parlé que de la fabrication de la fonte au coke. Nous avons vu que, dans la plupart des établissemens aujourd'hui en activité, il était difficile qu'on se la procurât à moins de 140 à 150 fr. la tonne, mais qu'à Allais, à Aubin et à Épinac, il était probable qu'elle reviendrait à un prix beaucoup moins élevé. On trouve des forges à la houille au Creusot, à Saint-Étienne, à Ayange et en général à côté ou dans le voisinage de presque tous les hauts fourneaux à coke, mais beaucoup aussi sont situées à des distances assez considérables de ces hauts fourneaux, et affinent des fontes au charbon de bois ou des mélanges de fonte au charbon de bois, et de fonte au coke. Le prix élevé de la fonte et quel-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quefois celui du combustible houille ne permet pas d'y fabriquer le fer à l'anglaise à des prix moyens inférieurs à celui de 300 fr. par tonne. Beaucoup d'usines même fabriquent à des prix plus élevés. Mais Allais et Aubin pourront également produire le fer malléable à beaucoup meilleur marché.

CONCLUSION.

Les usines qui, en France, travaillent avec de la houille écraseront nécessairement un jour la plupart de celles qui se servent de charbon de bois ou du moins les obligeront à baisser considérablement leurs prix, ce dernier cas ayant lieu par une baisse forcée du prix du bois. En nous occupant donc de l'état actuel ou de l'avenir des usines à la houille, nous abordons la question de la situation présente ou future de la fabrication du fer en France dans toute sa généralité.

Les usines des environs de Charleroy seules sur le continent, pourront peut-être un jour, lorsqu'elles se seront multipliées, faire une concurrence assez dangereuse pour nos établissemens du nord; mais aujourd'hui nous n'avons réellement que l'Angleterre à craindre comme rivale dans la fabrication du fer. Quels sont donc, d'après ce qui précède, les avantages respectifs des deux royaumes, et jusqu'à quel point devons-nous élever nos droits pour protéger convenablement notre industrie?

Les minerais, en France, sont moins riches qu'en Angleterre, ou plutôt, n'étant pas susceptibles d'enrichissement par un grillage très peu couteux, comme les minerais anglais, ils ont une moindre teneur en métal, lorsqu'on les jette dans le haut fourneau. Mais, d'un autre côté, ils sont généralement d'une plus facile extraction et coûtent meilleur marché sur place.

On trouve en France, aussi bien qu'en Angleterre, des houilles fournissant un coke de bonne qualité pour le haut fourneau, et généralement ce combustible, excepté dans le Nord (Aniches et Valenciennes) ne revient pas à un prix

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plus élevé qu'en Angleterre. Le fondant et les terres réfractaires y sont pareillement à vil prix dans l'endroit où on les exploite. Enfin la main d'œuvre est à meilleur marché en France qu'en Angleterre. Mais ce qui empêche nos établissemens actuellement existans de combattre à armes égales les établissemens anglais, c'est que nulle part ils ne jouissent de l'avantage d'avoir les matières premières réunies en un point; en sorte que les frais de transport en augmentent les dépenses. Cette augmentation est d'autant plus considérable que nos routes sont généralement fort mal entretenues et nos canaux en mauvais état. Ce qui peut-être encore leur nuit essentiellement, c'est notre impéritie dans la manière de les conduire, impéritie par suite de laquelle une usine, lorsqu'elle commence à marcher passablement, est presque toujours grevée de frais généraux énormes.

Il n'est donc pas douteux que, si aujourd'hui notre industrie des fers n'était pas protégée par des droits, les Anglais l'écraseraient immédiatement. Le pays de Galles, dont la concurrence est redoutable même aux autres provinces de l'Angleterre, et qui est précisément placé le plus favorablement pour nous expédier ses produits en inonderait nos marchés. Une diminution, même assez légère de nos droits actuels, ferait beaucoup de tort à celles de nos usines qui alimentent la partie nord ou occidentale de notre littoral. Sans doute la question se réduit ensuite à déterminer si le mal fait par cette diminution à l'industrie du fer ne serait pas amplement compensée par le bien qu'elle produirait en faveur d'autres industries non moins intéressantes qui emploient ce métal. Je ne veux entrer ici dans aucune discussion sur ce sujet; mais, ce que je désirerais faire voir clairement, c'est que, dans peu d'années, cet état de choses doit entièrement changer, et qu'alors le problème deviendra beaucoup moins compliqué. Allais, Aubin, Épinac et d'autres localités peut-être, fourniront du fer à bon marché à presque toute la France, les droits n'auraient plus pour but que de protéger quelques usines mal situées dans le nord ou d'assurer des profits excessifs aux premiers au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

détriment des consommateurs de fer de quelques départemens. Nous devons désirer ardemment que cette époque arrive le plus incessamment possible; mais le seul moyen d'en accélérer la venue, c'est d'améliorer nos voies de communication. On ne saurait trop le répéter, sans routes, sans canaux, sans chemins de fer, il ne peut y avoir pour nous de prospérité nationale. Cette vérité est aujourd'hui si généralement comprise qu'on s'étonne de voir que, si forts en théorie, nous en restions toujours au même point en pratique.

DESCRIPTION

Des méthodes et des fours employés pour carboniser la houille à l'usine de la Jahotière.

La méthode qu'on employa d'abord pour carboniser la houille fut celle des fours ouverts.

Quatre fours circulaires, placés symétriquement, communiquaient avec une cheminée située au milieu d'eux. Voici la description de l'un d'eux.

Pl. 12, fig. 1re, coupe verticale; *fig.* 2, coupe horizontale selon YY de *fig.* 1re.

Sur un massif en pierre A, on construisit une sole B, ayant la forme d'une calotte sphérique en briques réfractaires placées sur champ les unes à côté des autres. — Le massif était cylindrique, avait 4,40 mèt. de diamètre extérieur et s'élevait à 0,80 au-dessus du sol. — Sur le bord de ce massif, et après la construction de la sole, on avait élevé les parois du four D en briques réfractaires, on avait laissé des ouvertures au nombre de six pour chaque four, servant à l'introduction du charbon et à le sortir après la cuisson.

Ces portes sont représentées en C, elles avaient 0,60 mèt. de largeur sur 0,80 mèt. de hauteur. Au-dessus de ces portes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une voute E en briques réfractaires, prenait naissance, à une distance de 1 mèt. de la sole, en suivant l'inclinaison de celle-ci. — Cette voute, ainsi que la sole, étaient consolidées par deux cercles de fer de 0,20 mèt. de large, placés à l'extérieur du four et à la hauteur de la naissance de ces voutes.

Au centre de la voute du four, on avait laissé une ouverture circulaire d'environ 0,40 mèt. de diamètre, un canal E communiquait avec cette ouverture, et, construit horizontalement sur le four lui-même, se rendait dans la cheminée G commune aux quatre fours, et établissait ainsi le passage de la fumée et des autres matières volatiles. — Sur ce conduit et près de la cheminée, était placé un registre K servant à modérer ou accélérer la carbonisation. La cheminée avait 8 mèt. au-dessus de la sole. La voute du four était recouverte par une couche de chaux mêlée avec des briques cassées; ce mélange formait une croûte très solide.

Quand un four semblable fut achevé, on le sécha avec des fagots et on le chauffa au rouge; alors on introduisit le charbon. — La charge était environ de quinze à seize hectolitres. — La cuisson durait douze à quinze heures. — Cette méthode donnait de bons résultats avec de la houille grasse, mais, celle qu'on employait étant sèche, on fut obligé d'avoir recours à un autre mode de carbonisation, et on se servit de celui-ci :

Fig. 3, coupe verticale; *fig.* 4, coupe horizontale à la hauteur de la ligne XX de *fig.* 3.

Sur une aire disposée bien horizontalement, on construisit deux murs A et B, d'abord droits, puis s'élevant en talus de chaque côté. Ces murs étaient en briques réfractaires (1).

Un peu au-dessus du sol on avait laissé dans ces murs des ouvertures C de la forme indiquée dans la *fig.* 3. — Deux portes Q pratiquées aux deux extrémités servaient au chargement et déchargement du four. — Quand ces deux murs furent achevés, on construisit la sole intérieure E en briques

(1) Il est nécessaire que l'intérieur au moins le soit. L'extérieur peut être en pierre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

réfractaires et garnie de petits canaux qui communiquaient avec les ouvertures latérales ; la distance de ces ouvreaux, ainsi que celle des murs, est variable. — Celle qui a donné les meilleurs résultats était de longueur de brique placée sur champ pour les ouvreaux. L'espace compris entre les murs opposés A B était de 1,65 mèt. — La hauteur des ouvreaux était de 0,05 mèt.

Pour charger le four on commençait par mettre une couche de fagots d'environ quatre à cinq pouces sur la sole et on amenait le charbon sur le combustible en ayant soin de le répandre uniformément et de le piler à l'aide de demoiselles ; on mettait ordinairement 110 à 120 hect. ras de houille. — Ces fours avaient vingt pieds de longueur intérieure ; quand le four était chargé, on s'occupait du perçage ; plusieurs ouvriers montaient sur le charbon et pratiquaient, au moyen d'un perçoir de la forme indiquée fig. 6, des trous verticaux dans cette masse de charbon, à une distance de six pouces les uns des autres et jusqu'à la rencontre de la couche de fagots ; quatre ouvriers étaient employés à ce travail. — Trois perçaient et le quatrième repassait dans les trous avec l'outil représenté *fig.* 7, pour aplatir et consolider les bords des trous et par là empêcher le charbon de tomber et d'obstruer ces conduits.

Le ringard, que représente la fig. 5, est celui dont on se sert pour rentrer les cendres qui obstruent les conduits.

Quand le four était ainsi préparé, on y mettait le feu au moyen de genêts. Tout ce travail demande environ une demi-journée. — Quatre ouvriers chargeaient et déchargeaient un four dans une journée. — Au bout de six heures, le four était en pleine activité, et la flamme traversant les trous venait se montrer à la surface qui ne présentait qu'une seule masse en feu au bout de quelques heures.

Il fallait quatre jours pour charger, carboniser et décharger une fournée.

Le coke ainsi obtenu était tout-à-fait débarrassé des matières étrangères si nuisibles au travail du fourneau, d'une tex-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ture argentine et uniformément poreuse. — Il augmentait très peu en volume, mais sa densité était plus grande que celle du coke obtenu dans des fours couverts. — 1,000 kil. de houille produisaient ordinairement 600 kil. de coke.

L'avantage de ces fours sur les fours couverts consiste à donner un coke plus pur, plus compacte. Ils rendent un peu moins, il est vrai, que les fours couverts, mais cet avantage est bien compensé par la qualité meilleure qu'on obtient par ce procédé.

Le charbon qu'on employait dans cet établissement était une houille maigre, schisteuse, difficile à coker. — On a été forcé bien souvent de la mélanger avec des charbons étrangers, ou de Saint-Étienne, et on obtenait de très bon coke par ce moyen.

Le gros charbon était trié et coké à l'air en monceaux, au milieu desquels on élevait une cheminée de briques qu'on avait soin d'écarter un peu pour faciliter le tirage. Autour de cette cheminée on arrangeait les morceaux de charbon, et on en formait un cône arrondi à son sommet, dont les dimensions étaient très variables. — On mettait le feu dans l'intérieur de la cheminée avec du bois, et à l'extérieur avec du charbon embrasé. Au fur et à mesure que l'extérieur était brûlé, ce qu'on reconnaissait par un léger dépôt de cendre à la surface et par l'absence de toute flamme, on le couvrait avec du fraisil. — Quand le tout était ainsi recouvert on le laissait dans cet état pendant un jour; puis on ouvrait le tas pour l'éteindre et l'emporter. — C'est, de tous les moyens, le plus économique, le plus satisfaisant pour les résultats, et celui qui mérite la préférence sur tous les autres quand on a du gros charbon.

POTERIE DE FONTE ÉTAMÉE.

Au nombre des détails intéressans que MM. *Coste* et *Perdonnet* on insérés dans la 4e livraison de la 2e série des *An-*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nales des mines, sur la fabrication de la fonte et du fer en Angleterre, on remarque ceux qui ont rapport à la confection des pots étamés, et qu'ils ont étudiés dans deux fonderies différentes, l'une située à Oldbury, près Birmingham, et l'autre à Glasgow, en Écosse. Ces détails n'étant pas susceptibles d'être analysés, nous les citerons textuellement :

« On emploie en Angleterre une poterie de fonte étamée beaucoup plus légère et plus propre que la poterie ordinaire de France. Le procédé de fabrication est des plus simples.

» Nous n'entrerons pas dans les détails du moulage des pots; ils sont faits avec une fonte très grise, que l'on fond dans des fourneaux à manche: on les coule dans des moules de sable mélangé d'une petite quantité de houille. Les produits sont remarquables par leur peu d'épaisseur.

» Avant d'être étamés, les pots doivent être d'abord recuits, puis polis intérieurement. L'opération du recuit se fait dans un fourneau ressemblant à un four de verrerie. La grille occupe le milieu du fourneau; son plan est un peu au-dessous de deux banquettes latérales, sur lesquelles on dispose les vases contenant les pots à recuire, mélangés avec de la poussière de houille. Ces vases sont sur des chariots, qui consistent en un plateau en briques, construit dans un châssis de fer et porté sur quatre roues de fonte; ils sont introduits dans le fourneau par deux grandes portes, fermées pendant l'opération par une mâçonnerie en briques enveloppée dans un châssis de fer, et mobile au moyen d'une chaîne passant sur une poulie.

« On ne peut douter, dit M. Karsten (page 123 de la seconde édition de la métallurgie du fer), qu'un simple recuit n'adoucisse la fonte, et ne lui donne un plus haut degré de ténacité. L'enveloppe de menue houille ou menu coke a simplement pour but d'empêcher l'oxidation par le contact de l'air.

» Les vases contenant les pots à recuire sont en fonte; ils ont environ cinq pieds de hauteur et deux pieds six pouces de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

diamètre à la partie supérieure. Nous ne savons pas le temps que dure une opération.

» Un certain nombre de pots ne sortent pas ronds du moulage. Pour leur donner la forme convenable, on les porte au rouge dans un petit fourneau à réverbère; puis on fait entrer dans chacun d'eux, à frottement, au moyen de quelques coups de marteau, un cercle de fer bien rond, ayant le calibre du pot. Ce cercle est fixé à l'extrémité d'un manche, et porte une saillie qui empêche qu'il n'entre trop profondément dans le pot.

» Les pots sont polis extérieurement avec une lime, et intérieurement avec des ciseaux; on place le fond du pot dans une boîte de bois, où il n'est maintenu que par le frottement; cette boîte est fixée à un tour auquel on peut donner un mouvement plus ou moins rapide au moyen d'une lanière de cuir, que l'on fait passer à volonté sur des treuils de différens diamètres. On dispose, en avant du tour, une pièce horizontale en fonte percée de plusieurs trous. L'ouvrier place à volonté, dans l'un quelconque de ces trous, une cheville de fer contre laquelle il appuie le manche du ciseau avec lequel il polit le fond et les parois du pot.

» A Glascow, au lieu d'employer une boîte de bois, on fixe les pots au moyen de quatre vis de pression, dont les écrous font partie d'un cadre en fonte recevant le mouvement d'un tour.

» L'étamage consiste à chauffer les pots de fonte sur un petit foyer semblable à celui d'un maréchal, à fondre l'étain dans le pot même que l'on veut étamer, à incliner ce pot dans tous les sens, de manière que l'étain fondu en mouille toutes les parois; puis à frotter ces parois avec un morceau de sel ammoniac, que l'on tient à l'extrémité d'une tenaille : tout cela dure fort peu d'instans. On coule l'excès d'étain dans une autre pièce à étamer, et on plonge de suite dans l'eau le pot qui a reçu l'enduit. L'étain présente alors une sorte de cristallisation : on le polit en le frottant avec un peu de sable fin.

» Les pots sont vernis extérieurement. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous ajouterons qu'en Angleterre on se sert de ces sortes de pots pour remplacer, dans les cuisines, les casseroles en cuivre que l'on voit en France. Dans ce cas on ajoute à ces pots un manche qui n'est autre chose qu'une douille en fer, terminée par une patte à deux oreilles, au moyen desquelles on fixe ces douilles sur les pots avec deux clous rivés, et dont les têtes sont aussi étamées du côté de l'intérieur des vases.

Un de ces pots, de la contenance de 290 centimètres cubes environ, a coûté à Birmingham, vendu au détail, six pence et demi, ce qui fait 65 cent. de notre monnaie.

F. fils.

NOTE

Sur l'émaillage des pots de fonte.

Au sujet de l'extrait ci-dessus, M. Perdonnet a bien voulu nous communiquer la note suivante sur l'émaillage de la fonte en Silésie.

L'étamage n'étant pas très-durable, on a imaginé de recouvrir l'intérieur des vases en fonte d'un verre ou émail moins susceptible de se détruire. L'une des plus grandes difficultés était d'obtenir un émail qui pût résister aux effets de la différence de dilatabilité avec le métal, et qui ne fût pas attaquable par les acides faibles.

On a fait à Birmingham plusieurs essais pour émailler la fonte. J'ai même vu des plaques de fonte qui avaient servi à ces expériences; mais on n'a pas réussi, et aujourd'hui l'on se borne dans les usines anglaises à étamer les vases culinaires.

En France, des fonderies d'Alsace et de Franche-Comté ont envoyé à l'avant-dernière exposition des pots émaillés; mais, soit que l'émail ne fût pas solide, soit qu'il contînt des subs-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tances nuisibles à la santé (1), soit plutôt que le prix élevé de ces vases empêchât de les vendre, on paraît avoir renoncé aujourd'hui à ce genre de fabrication.

En Allemagne, au contraire, on livre au commerce une immense quantité de pots émaillés. Au Harz, en Saxe et en Silésie, les fabriques trouvent dans le débit qu'elles en ont la source de leurs plus grands bénéfices ; mais on tient le procédé secret. Aussi nous empressons-nous de donner la description que nous en trouvons dans le second volume de la seconde édition allemande de la *Métallurgie du fer de Karsten*, bien qu'elle ne soit pas suffisamment détaillée.

En Silésie, où le procédé d'émaillage paraît être meilleur que dans aucune autre partie de l'Allemagne, on se sert de deux émaux différens, l'un qui s'applique immédiatement sur la fonte, et l'autre qui forme une seconde couche plus unie.

Pour préparer le premier, on vitrifie dans un creuset de la silice pure (quartz calciné et pulvérisé) avec du borax fondu. Le produit qui en résulte est réduit en poudre fine et mêlé avec de l'eau à laquelle on ajoute de l'argile bien dégagée d'oxide de fer et une très-petite quantité de feldspath, et on broie le tout sous des meules horizontales tournant dans une cuve en partie pleine d'eau.

L'émail que l'on pose en dernier lieu se compose de feldspath, soude, borax et d'un peu d'oxide d'étain.

M. Karsten n'indique pour aucun de ces verres les proportions des élémens qui les constituent ; mais, par des combinaisons atomistiques, on peut aisément arriver à des probabilités sur ce sujet.

Lorsqu'on veut émailler le pot, il faut commencer par en égaliser la surface intérieure aussi bien que possible. Il serait trop coûteux de les tourner ou de les alléser. On ne réussirait aussi qu'imparfaitement en les frottant avec des pierres de grès,

---

(1) Un morceau d'émail français que j'ai essayé contenait du plomb. J'ignore si c'est une propriété commune à tous les verres employés en France pour l'émaillage des pots.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

alors même qu'on communiquerait le mouvement à des meules au moyen de machines, parce qu'on risquerait de ne pas enlever la rouille et les feuilles de graphite déposées dans les cavités de la fonte. On décape donc les pots simplement au moyen de l'acide sulfurique étendu d'eau. On les lave ensuite immédiatement avec de l'eau chaude, puis avec de l'eau froide, et l'on se dépêche d'appliquer l'émail avant que la surface soit de nouveau recouverte de rouille.

Le premier émail, préparé ainsi que nous l'avons dit, est versé avec des cuillers dans le vase de fonte. On tourne ensuite ce vase sans dessus dessous, de manière que l'émail ne s'accumule pas dans le fond, mais s'étende uniformément; puis au bout de quelques instans, on le relève et l'on agite au-dessus un tamis contenant de la poussière sèche du second émail qui s'attache à la couche encore humide du premier.

Enfin on place le pot sous une mouffle et on le chauffe jusqu'au rouge blanc.

L'émail de Silésie est très-résistant; j'ai soumis ici un pot que j'avais rapporté de Gleivitz à diverses épreuves qui ont eu les résultats les plus satisfaisans.

Il paraît qu'au Harz on suit, pour l'émaillage des pots de fonte, un procédé à peu près semblable à celui de Silésie; mais, d'après des renseignemens qui m'ont été communiqués, à Clausthal même, je crois qu'on y mêle un peu d'oxide de plomb à l'émail.

En Prusse, on avait jadis employé aussi l'oxide de plomb comme fondant. Quoique au premier abord il puisse sembler que, dans l'état de combinaison où il se trouve dans l'émail, cet oxide ne présente aucun danger pour la santé des personnes qui se servent des pots émaillés, le gouvernement, éclairé par l'expérience, en a défendu l'usage.

AUG. P.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

FABRICATION DU SUCRE DE BETTERAVES.

Chaudière à vapeur de M. PECQUEUR, *ex-chef des ateliers du Conservatoire royal des Arts et Métiers.*

Le but que je me suis proposé dans la composition de mon système de chaudière pour lequel j'ai pris un brevet, a été de le rendre tout à la fois solide et peu dispendieux dans la construction, commode dans le travail et pour le nétoyage, et économique en combustible.

Pour qu'une chaudière chauffant par la vapeur fût solide et peu dispendieuse, il fallait que la vapeur ne traversât que des tuyaux et que l'arrangement de ceux-ci fût tel que les contrastes du chaud et du froid auxquels ces sortes d'appareils sont continuellement exposés ne pussent faire agir les diverses parties qui composent une chaudière les unes sur les autres lorsqu'elles se dilatent ou se contractent : il fallait trouver un ensemble qui dans tous les cas se fît *compensation* (1). C'est à quoi je crois avoir réussi.

Pour la commodité dans le travail et surtout pour le nétoyage, il fallait que la chaudière fût disposée de manière à ce qu'on pût arriver facilement en dessous des tuyaux et sur le fond de cette chaudière sans avoir rien à démonter. J'ai atteint ce but en rendant la *grille mobile* sur une *articulation*. Par ce moyen on n'a qu'à relever la grille en la faisant tourner sur son articulation et le fond de la chaudière ainsi que le dessous de la grille se trouvent découverts et à portée de l'atteinte de l'ouvrier.

Afin d'accélérer la sortie du sirop de la chaudière quand on veut la vider, il était encore utile qu'elle fût à bascule. C'est encore ce que j'ai observé dans la construction de ces chaudières, comme on le verra dans la description ci-après.

(1) Voyez la note à la fin de cet article.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour que l'appareil offrît en combustible la plus grande économie possible, il était nécessaire que la vapeur fût entièrement utilisée ; pour cela il fallait que la vapeur condensée dans la grille par la transmission de sa chaleur au sirop, pût s'en retourner immédiatement dans le générateur. On sait, en effet, que l'eau provenant de vapeur qui s'est condensée sous une certaine pression plus grande que la pression atmosphérique, renferme encore la même température que la vapeur même qui l'a produite. Or, si on envoie cette eau dans un bac ou dans un récipient ouvert ou en communication avec l'air atmosphérique, cette eau sera dans l'instant même réfroidie à la température de l'eau bouillante, et la chaleur qu'elle renfermait en plus, formera de la vapeur qui sera perdue. Que l'on fasse rentrer cette eau dans le générateur, soit par une pompe, soit par un récipient intermédiaire (1), il y aura toujours perte de chaleur et obligation de main-d'œuvre pour faire jouer la pompe ou pour ouvrir et fermer les robinets du récipient, afin d'opérer le retour d'eau. Ce récipient et son jeu, quoique infiniment supérieur à la pompe dans son application, n'est pas aussi économique en combustible que la rentrée immédiate. Il convient de l'employer dans les localités où il n'est pas permis de donner la pente nécessaire entre la chaudière et le générateur. Ainsi c'est la rentrée immédiate de l'eau condensée au générateur qui doit être préférée sous le rapport de l'économie du combustible, et aussi sous le rapport de la simplicité des appareils.

Mais la rentrée immédiate, pour s'opérer, impose aussi des conditions dont on ne saurait s'écarter, sous peine de ne point l'obtenir.

Le première condition, et la plus importante, est de donner un accès assez facile à la vapeur pour qu'elle puisse arriver à l'extrémité de sa course dans la grille, sans qu'elle ait subi une

---

(1) Le même constructeur est aussi inventeur de ce dernier moyen, voyez son brevet de 1824, il l'a depuis perfectionné en le rendant susceptible de fonctionner seul.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

décroissance de tension bien sensible malgré le volume considérable de cette même vapeur, qui se condense dans toute l'étendue de la grille qu'elle parcourt. Moins cette décroissance de tension sera sensible, et moins il faudra élever la chaudière par rapport au générateur pour obtenir cette rentrée.

La deuxième condition est de se réserver les moyens de purger d'air ou des gaz incondensables qui peuvent se trouver dans l'intérieur des tuyaux de la grille ou s'y accumuler pendant le travail ; car on conçoit aisément que, si la grille était remplie d'air, celui-ci empêcherait la vapeur d'avoir un accès libre dans cette grille, et la chaudière ne pourrait chauffer ou bouillir qu'imparfaitement.

La description suivante est celle d'une chaudière qui remplit le but et les conditions énoncés ci-dessus, et dont l'expérience a sanctionné l'utilité.

DESCRIPTION.

Planche II, fig. 1re, plan de la chaudière.

Fig. 2, élévation de côté ; — fig. 3, élévation de face.

Fig. 4, élévation vue par derrière.

Les fig. 5, 6, 7, 8 et 9 de la même planche, et dessinées sur une échelle quatre fois plus grande, sont des détails de la même chaudière.

Dans les diverses figures, les mêmes pièces sont affectées des mêmes lettres.

C, Chaudière ou cuvette munie d'un fond plat, dans laquelle, et tout près du fond, se trouve placée la grille.

AA' Boîtes en cuivre fondu portant des ouvertures dans lesquelles sont emmanchés et soudés les tuyaux t t t... qui composent la grille. Ces boîtes sont placées dans la même ligne et forment l'essieu sur lequel tourne la grille (1).

---

(1) M. Pecqueur exécute aussi des chaudières dont les tuyaux *t t*, au lieu d'être soudés avec les boîtes AA', y sont fixés à vis, ce qui donne la faculté de pouvoir les démonter et les remonter à volonté.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces tuyaux t, comme on le voit, fig. 1re, partent de l'une des boîtes AA' et vont en ligne droite jusque vers l'autre extrémité de la chaudière; ils y sont recourbés en demi-cercle et reviennent aboutir à l'autre boîte. Ils sont placés dans le même plan et forment une grille plate; et ils établissent autant de communications entre les deux boîtes AA' qu'ils sont nombreux.

d, Sont deux bandelettes dont l'une passe sur les tuyaux et l'autre dessous. Elles ne servent qu'à maintenir les tuyaux dans le même plan au moyen de quelques vis qui les réunissent, et à donner au système la solidité dont il a besoin pour qu'on puisse lever la grille en la faisant pivoter sur ses boîtes AA'.

La fig. 5 représente la coupe longitudinale de la boîte A' qui se trouve placée à l'opposé de l'entrée de la vapeur, et par conséquent, du côté de la sortie des eaux condensées.

g, Lunette fixée à la cuvette CC contre l'un des angles de devant de la chaudière (On a appelé devant de la chaudière son extrémité carrée, parce que tous les robinets s'y trouvent placés.

i Bouchon qui se visse dans la boîte A' contre une rondelle en plomb pour y faire un joint hermétique. Cette pièce est représentée entière avec les vis qui s'y adaptent, fig. 6 et 7, et elle sert de tourillon à la grille en tournant dans la lunette g g quand il est nécessaire de lever cette grille; elle sert encore de boîte à étoupes.

h, Rondelle mobile sur le bouchon i i, et qui sert à comprimer de la filasse sur la lunette g g au moyen de quatre vis que porte la bride du bouchon i i. Cette garniture de filasse est destinée à empêcher le sirop de fuir par ce point.

L, Tuyau par lequel l'eau condensée se rend dans le générateur en passant par le robinet R' et par le tuyau F, lequel se prolonge jusqu'à la partie inférieure du générateur. Entre ce tuyau L et le robinet R' se trouve un clapet N destiné à empêcher l'eau condensée de réagir et de revenir dans la grille s'il arrivait que l'on fermât le robinet d'admission R sans avoir fermé auparavant le robinet de sortie R'.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce tuyau L porte aussi un petit robinet o destiné à laisser sortir l'air de cette grille ou à la purger des gaz incondensables qui peuvent se former dans le générateur. Pour le faire fonctionner, on ne l'ouvre qu'après avoir introduit la vapeur dans la grille.

k, Bouchon destiné à comprimer de l'étoupe entre le bouchon i et le tuyau L, lequel reste immobile pendant que le reste tourne, soit que l'on bascule la chaudière pour la vider, soit qu'on lève la grille pour le nétoyage. Ce bouchon, comme on le voit fig. 8 et 9, est fait de deux parties, afin que l'on puisse l'ôter et le remettre à volonté pour regarnir la boîte de filasse sans rien déranger aux tuyaux L et M.

Le bouchon k porte deux oreilles par lesquelles les deux tirans à vis que porte le bouchon i servent à le serrer contre la filasse pour empêcher la vapeur de sortir par ce joint tournant.

Fig. 5, coupe d'un des côtés de la grille faite suivant R R' de la fig. 1re.

Fig. 6 et 7, vue de côté, et de face du bouchon i, qui se visse dans la piece A'.

Fig. 8 et 9, vue de face et de côté du bouchon k.

Nous venons de décrire par les figures 5, 6, 7, 8 et 9 la boîte A' et les accessoires de la sortie de l'eau condensée de la grille; nous aurons aussi décrit l'autre boîte A par laquelle se fait l'admission de la vapeur, et tous ses accessoires en disant que toutes ces pièces sont semblables à celles de la boîte A', si ce n'est que le clapet N et le petit robinet O ne s'y trouvent pas et que le tuyau E est mis en rapport avec le générateur par sa partie supérieure.

Quand on fait basculer la chaudière, elle tourne sur les lunettes g qui posent sur les supports en fer fondu S. Ce mouvement s'opère au moyen de la clé P. On la fait tourner autour de l'axe Q, lequel porte deux petits bras qui, à quelque distance de son centre, forment charnière avec les deux bras plus longs u u d'un autre arbre Y, porté par deux petits supports en fonte W.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On voit en ponctué, fig. 2, la position que prennent la clé P et la chaudière lorsqu'on lui fait faire bascule.

C'est par le gros robinet V que la chaudière se vide.

Deux pièces de bois X, assemblées par des traverses aussi en bois, sont placées longitudinalement sous le fond de la chaudière pour soutenir le poids du liquide dont on la charge.

Cette charpente repose d'un bout sur l'axe Q, et de l'autre elle est suspendue par deux équerres EE en fer, lesquelles sont disposées de manière à ce que la chaudière puisse se dilater et se contracter sur cette charpente sans en éprouver de contrariétés qui pourraient nuire à sa forme et à sa durée. Il y a encore ici *compensation* (1).

Comme chaque tuyau composant la grille peut évidemment se ralonger et se raccourcir particulièrement sans agir sur ses voisins, et comme aussi les deux boîtes A A' sont indépendantes l'une de l'autre, et peuvent s'alonger et se raccourcir ou suivre l'agrandissement ou la diminution de la chaudière, qu'occasione le sirop tantôt chaud et tantôt froid, sans subir ni faire éprouver aucune fatigue à aucune partie de l'appareil, il s'ensuit que cette chaudière est réellement à *compensation* et qu'elle ne peut éprouver d'autre fatigue que celle qui résulte de la force de la vapeur dans l'intérieur des tuyaux et des boîtes,

---

(1) On aurait tort de prendre le mot *compensation* employé par M. Pecqueur, sous l'acception qu'on lui donne dans *le pendule à compensation*, où l'on sait que les pièces de métaux différens sont tellement combinées que les unes et les autres se dilatent, ou se contractent de telle sorte que la longueur totale du pendule reste invariable, quelles que soient les variations de température. Ce que M. Pecqueur appelle *compensation*, c'est la facilité qu'ont les pièces diverses de sa chaudière de se dilater les unes indépendamment des autres, et de céder facilement toutes ensemble à l'agrandissement ou à la diminution de capacité de la chaudière, de manière que tout tiraillement dans les tubes et la chaudière se trouve effectivement prévenu. Discuter sur la convenance du mot dans le cas présent, serait du domaine de la grammaire ; mais alors il était important de prévenir de l'acception nouvelle que lui a donnée l'inventeur.

(*Note du Rédacteur.*)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

force qui n'est rien comparativement à celle de la dilatation qu'il faut maîtriser dans d'autres appareils et qui est ici rendue tout-à-fait nulle.

La chaudière que nous venons de décrire est dans des proportions propres à la cuite du sirop. Je fais construire dans mes ateliers, rue Traversière-Saint-Antoine, n° 18, à Paris, des chaudières du même système, mais dans d'autres proportions, pour la défécation, la concentration et la clarification.

Les sucreries qui ont adopté ce système d'appareil tendent à prouver la supériorité d'un système à vapeur bien entendu sur le travail à feu nu ; la dépense du combustible paraîtrait être réduite de plus de moitié. Il faut encore joindre à cela la facilité et la propreté du travail.

PECQUEUR.

Note du Rédacteur.

La question ne nous semble pas encore assez éclairée pour que nous partagions la responsabilité de l'opinion émise dans cette dernière phrase de la notice de M. Pecqueur, ce qui n'empêchera pas que, fidèles au plan que nous nous sommes proposé de publier tout ce qui nous paraîtra pouvoir intéresser nos lecteurs, nous ne donnions, dans l'un de nos plus prochains cahiers, l'ensemble d'une sucrerie mue et chauffée par la vapeur, avec les dispositions des machines et appareils. Afin d'aider à éclairer la discussion, nous y joindrons les comptes de dépenses et de recettes ; le rapport entre le combustible employé et la quantité de sucre fabriqué.

FABRICATION DE CREUSETS RÉFRACTAIRES (*Suite*).

(*Voyez* le cahier précédent.)

L'inventeur de ces creusets prétend obtenir un meilleur produit en faisant marcher la pâte comme nous l'avons indiqué dans le dernier cahier de *l'Industriel*, qu'en employant le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

broyage au moulin, méthode qui, cependant, est recommandée par l'exemple d'un grand nombre de fabricans. Quoi qu'il en soit, lorsque la pâte est amenée à l'état convenable et qu'on l'a laissée se reposer pendant toute une nuit, en ayant eu soin de la mettre en monceaux, on procède à la fabrication à peu près comme on le fait en France en beaucoup de lieux. L'ouvrier se place sur le banc, qu'en anglais on appelle le cheval, et qui porte sur le devant deux montans verticaux, sur lesquels se trouve la tablette. Cette dernière est percée dans le milieu d'un trou dans lequel on fait passer le manche du mandrin ou moule sur lequel se fait le creuset.

Afin de conserver à ce moule sa position verticale et de l'assujétir plus facilement, son extrémité inférieure descend jusque sur le banc où se trouve un trou destiné à la recevoir. Le moule lui-même qui termine cette longue tige est environ à un ou deux pouces au-dessus de la tablette. Il a la forme qu'on veut donner à l'intérieur du creuset et porte une saillie à sa partie supérieure renversée, afin qu'il soit facile par ce moyen de régler l'épaisseur du bord du creuset.

Les dimensions qu'on donne ordinairement au banc, sont : trois pieds six pouces anglais de long, neuf pouces de large et trois pouces et demi d'épaisseur. Il doit être élevé de manière à ce que l'ouvrier y soit convenablement assis, et que ses pieds posent sur le sol; il convient d'arrondir les angles du banc et même de l'évider à droite et à gauche afin que l'ouvrier y soit plus à l'aise. La tablette qui reçoit le mandrin doit se trouver élevée de six pouces au-dessus du banc.

Sur la tablette se trouve l'étalon ou l'appareil destiné à apprécier l'épaisseur du fond des creusets, et que par cette raison on nomme le guide. Il porte une traverse qu'on fixe à une certaine hauteur au-dessus de l'extrémité du mandrin, et qui sert à indiquer l'épaisseur du fond du creuset. On doit avoir plusieurs de ces guides de rechange, selon les dimensions qu'on veut donner aux creusets.

Chaque mandrin est muni d'un chapeau en basane.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quand l'appareil est prêt, on procède au moulage de la manière suivante :

On frotte le mandrin bien uniformément et sur toute sa surface, avec de la plombagine, et l'on met le chapeau qui, au moyen de l'opération précédente, peut se détacher facilement. On coupe ensuite un morceau de la pâte de la grosseur convenable; les ouvriers bien au fait du travail jugent à vue d'œil de la quantité : cependant il n'est pas inutile de savoir que l'inventeur indique seize livres et demie, mesure anglaise, de pâte pour un creuset de la contenance de soixante-dix livres de fonte de fer. Pour un creuset de la contenance de trente-cinq livres de cuivre ou de laiton, il faut dix livre de pâte.

On bat sur la table le morceau qu'on a coupé à la masse, on le jette à plusieurs reprises et avec force, pour le former en une masse bien homogène; après quoi on y pratique une cavité et on le place sur le mandrin. L'ouvrier prend alors sa spatule, morceau de bois de quatre pouces carrés et muni d'un manche, et frappe la masse de pâte légèrement, en commençant par la partie supérieure et fait graduellement descendre la pâte à l'aide de ses mains et de sa spatule jusqu'à la base du cône et jusqu'à la saillie qu'elle porte. Pendant cette opération, il saisit de temps en temps la tige du mandrin et la tourne lentement d'une main, tandis que de l'autre il frappe légèrement avec sa spatule toutes les parties de la pâte, en ayant soin de le faire avec la plus grande précaution pour éviter d'introduire dans la masse la moindre bulle d'air. S'il en aperçoit, il est indispensable d'enlever avec un couteau la partie de la pâte où elle se trouve. On recommande de frapper doucement afin de ne pas agrandir la capacité du creuset en étendant ses parois.

Lorsque la pâte couvre le cône ou mandrin à peu près uniformément, on aplatit le fond du creuset, et on lui donne l'épaisseur convenable en se réglant sur la hauteur de la traverse du guide. Mais il faut bien faire attention qu'il ne se soit pas interposé de pâte entre la saillie qui règne autour de la base du mandrin et le bord du creuset; car cette interposition ferait remonter le creuset, et bien qu'on se fût dirigé sur le guide, on con-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

çoit que le fond du vase n'aurait pas l'épaisseur voulue, et qu'il serait plus mince de toute la quantité dont le creuset aurait monté.

L'ouvrier, après que son travail est amené à ce point, trempe sa main dans l'eau et la passe tout autour du creuset, tandis qu'il la fait tourner de l'autre par la tige du mandrin. C'est de cette manière qu'il donne une épaisseur uniforme aux parois. Enfin, il l'unit autant qu'il le peut, et l'opération est terminée.

L'auteur recommande de couper le premier creuset fabriqué avec une pâte nouvelle, afin de s'assurer qu'elle ne contient pas de bulles d'air et qu'elle a été marchée convenablement.

Comme le creuset fraîchement modelé serait susceptible de se déformer si on le maniait, on le porte sur le moule, dans un lieu abrité et éloigné de tout bruit. On place le creuset sur son fond, et alors seulement on en retire le mandrin, qui s'en détache avec la plus grande facilité, au moyen du chapeau de basane qui y reste d'abord. On ne tarde pas à retirer ce dernier, et avec un peu de précaution on y parvient aisément; il ne reste plus ensuite qu'à former la gouttière du creuset, ce qu'on fait en introduisant dans le vase le manche d'une truelle ou tout autre instrument, et en appuyant en dehors le pouce et le doigt à droite et à gauche de cet instrument qu'on appuie du dedans au dehors.

La précaution recommandée par l'inventeur de placer les creusets nouvellement fabriqués dans un lieu éloigné du bruit n'est point d'être sans utilité; en effet, les creusets, s'ils éprouvent des ébranlemens avant d'être consolidés, s'affaissent, prennent du ventre et ne peuvent plus supporter la charge de métal à laquelle ils sont destinés.

Un ouvrier peut fabriquer en une journée de vingt à trente-six creusets d'une excellente qualité.

Note du rédacteur.

Le coke que M. Smith introduit dans la pâte de ses creusets est vraisemblement destiné à remplacer l'argile cuite qu'on a

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

coutume d'y mélanger. Il est probable que leur propriété réfractaire est augmentée par cette addition d'un corps complètement infusible.

L'argile qu'on y emploie est d'une excellente qualité ; elle contient fort peu de chaux, et la silice n'y est pas en fort grande proportion ; et l'on sait que l'argile est d'autant moins propre à la fabrication des creusets réfractaires, que ces deux corps s'y trouvent en plus grande quantité. Nous possédons en France des argiles apyres d'aussi bonne qualité, et déjà plusieurs fabricans ont mélangé le coke à la pâte dont ils font usage. Cependant on n'a pas encore de creusets dans le commerce qui soient entièrement réfractaires. On pourrait sans doute en obtenir en se servant d'alumine pure, et en liant la pâte avec de l'argile d'excellente qualité ; mais le prix de ces creusets serait fort élevé, et on ne pourrait guère les fabriquer de dimensions bien grandes. Du reste, ce mélange a déjà été tenté en France.

Le procédé dont la description precède est loin d'être le plus expéditif; mais cependant c'est, à notre avis, celui au moyen duquel on obtient les meilleurs résultats. Sans doute, les creusets qu'on obtient à l'aide de doubles moules et de la pression doivent être bien purgés d'air, bien homogènes ; mais ce procédé ne peut être employé pour les creusets de grandes dimensions : il a alors plusieurs inconvéniens.

Le creuset le meilleur serait celui qui serait infusible à toutes les températures qu'on peut produire dans l'industrie, dont la texture serait serrée et compacte, afin qu'il puisse retenir les fondans salins ou les métaux pendant un long espace de temps sans en être attaqué et sans les laisser s'infiltrer à travers ses pores. Il faudrait encore qu'il pût supporter sans se fendre les changemens brusques et fréquens de température. Mais toutes ces qualités sont difficiles à trouver réunies, il faut donc se contenter de quelques-unes d'entre elles, et approprier les creusets qui les possèdent aux usages qui les requièrent.

Ainsi les creusets de Hesse supportent fort aisément les plus brusques changemens de température; ils fondent difficile-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment; mais ils sont poreux, quoiqu'à un moindre degré que les creusets du pays.

Les creusets composés d'un mélange d'argile cuite et d'argile crue sont très-réfractaires ; on les emploie dans les verreries.

L'addition d'un corps infusible, comme la plombagine, tend à augmenter l'infusibilité du creuset. Cette substance n'a point d'affinité pour les terres, et par conséquent ne peut les disposer à la fusion ; mais dans les creusets où on les emploie, la porosité est augmentée.

Il en est de même de ceux dans lesquels entre le coke, qui, d'ailleurs, s'il était mal couvert par l'argile, pourrait être converti en acide carbonique.

Cependant l'addition de morceaux de coke ou d'argile calcinée a encore un avantage, c'est de rendre les creusets capables de supporter, sans se rompre, les transitions subites de température.

Les creusets de Wedgewood ont une contexture fort serrée, très-uniforme ; ils retiennent fort bien les fondans ; mais ils ne supportent pas les changemens de température ; ils se brisent ou se fendent malgré les plus grandes précautions.

SUR LES MOYENS A EMPLOYER POUR PRÉVENIR OU FAIRE DISPARAITRE LA GRAISSE DES VINS,

Par M. François, de Chalons-sur-Marne.

La graisse des vins est due à la glaïadine, dont M. François a reconnu la présence à l'aide de divers agens chimiques.

Il annonce que les vins doivent être plus ou moins exposés à la graisse, selon qu'ils contiennent plus ou moins de tannin.

Que telle est la cause par laquelle les vins blancs y sont exposés, tandis que les rouges qui ont séjourné sur la rafle en sont exempts.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Que par conséquent le tannin peut être employé comme remède, et qu'en effet son addition dans les vins gras donne un précipité composé de tannin uni à la glaïadine.

Pour prévenir l'adhérence du précipité, M. François recommande l'emploi de la colle de poisson avec le tannin; mais il emploie séparément les deux moyens.

Nous extrayons de son mémoire la note suivante sur l'emploi de ce nouveau remède.

Instruction sur la manière de se servir de la solution de tannin pour prévenir et détruire la graisse des vins.

Quand on voudra prévenir la graisse et détruire le principe de cette maladie dans un vin blanc (coupé ou non avec du vieux) destiné à être mis en bouteilles, on y mettra par chaque pièce de deux hectolitres, deux bouteilles de la solution de tannin, immédiatement après le soutirage de dessus la première colle; on fera à l'instant un second collage avec deux gros de colle de poisson, et on soutirera le vin un mois après, ou bien on le mettra en bouteilles.

Lorsque l'on voudra rendre sec du vin gras qui est en bouteilles, et l'opérer en même temps, on suivra le procédé suivant :

Les bouteilles, placées sur table, seront remuées tous les jours une fois ou deux, pour que tout le dépôt, ou du moins la presque totalité, parvienne jusqu'au bouchon.

Cette opération, pour être bien faite, exige quinze jours.

On fera alors l'ouverture des bouteilles pour en extraire le dépôt : on introduira de suite dans chacune d'elles, d'abord la solution de tannin :

Un centième dans les vins filans (tannin sec, 20 grains).

Un demi-centième dans les vins pesans (tannin sec, 10 grains).

Et ensuite la liqueur à vin dans laquelle on aura mélangé la colle de poisson (1 gros pour 300 bouteilles).

La bouteille, préparée de cette manière, doit être aussitôt bouchée, ficelée, puis agitée fortement et recouchée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce vin, après avoir été vingt jours couché, sera remis sur table, et dans l'espace de dix jours, les bouteilles remuées tous les jours une fois, le dépôt sera arrivé sur le bouchon.

A cette époque, il y aura un mois que le vin aura été mis en contact avec le tannin. On fera alors le premier dégorgement et on profitera de cette ouverture pour rendre aux bouteilles encore pesantes (la majeure partie du vin se trouvant entièrement dégraissée) que l'on pourra rencontrer, un demi-centième de solution de tannin; ce qui portera à trente grains celui que ces bouteilles auront exigé pour être dégraissées complètement.

On rendra également à toutes les bouteilles indistinctement un second collage à la même dose que la première fois (1 gros de colle pour trois cents bouteilles); on les secouera brusquement aussitôt après l'introduction de la colle; ce vin restera ensuite couché pendant un mois.

Ce second collage a pour but de s'emparer de l'excès de tannin et d'enlever au vin la petite teinte d'ambre, communément appelée *œil de perdrix*, que cette substance lui communique. Aussi remarque-t-on que le dépôt qui se forme de nouveau est très-brun.

Enfin le vin, après avoir été un mois recouché, est remis sur table; au bout de quinze jours au plus tout le dépôt sera entièrement assis sur le bouchon; alors on fera le deuxième et dernier dégorgement.

Ainsi dans l'espace de trois mois, un vin, quelque gras qu'il puisse être, jeune ou vieux, pourra être livré à la consommation. En opérant de la sorte, on ne trouvera plus le vin malade; il jouira d'une limpidité des plus parfaites, qui ne laissera rien à désirer.

Les vins secs peuvent être opérés sur dépôt, pourvu que celui-ci ne soit pas gras; alors, dans la quantité de liqueur à vin, destinée pour cinq cents bouteilles, on mélangera une bouteille de solution de tannin.

Cette solution est employée avec le plus grand avantage dans le travail des vins secs, pour en rendre la manipulation, non-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

seulement de la plus grande facilité, mais encore pour détruire une portion plus ou moins considérable de graisse, qui forme ce qu'on appelle communément un blanc que l'on aperçoit dans nombre de bouteilles, lequel ne se manifeste que trop souvent par un dépôt filandreux, quelque temps après que le vin est expédié, quoique l'ouvrier ait apporté tous ses soins pour l'obtenir marchand.

Lorsqu'on ne fait pas intervenir la colle de poisson, concurremment avec la solution de tannin, les vins ne deviennent parfaitement clairs qu'au bout de deux à trois mois; le dépôt, dans ce cas, est sablonneux et un peu adhérent aux parois de la bouteille; mais une légère secousse l'en détache aisément : alors il est donc important, pour éclaircir le vin promptement et pour que le dépôt ne s'attache pas après le verre, de faire usage de colle de poisson dans la proportion d'un gros pour trois cents bouteilles.

On préparera la colle de la manière suivante : La colle (on suppose 1 gros) étant fondue de la manière dont on le jugera convenable, sera étendue dans suffisante quantité de vin pour avoir en tout une bouteille et demie de liquide. Ainsi une bouteille de cette colle servira à coller deux cents bouteilles de vin; par bouteille, un demi-centième. On l'introduira dans le vin, toujours séparément de la solution de tannin, soit avant, soit après cette dernière, ou bien mélangée à la liqueur à vin.

Si, à cette époque du dégorgement des vins dégraissés, on trouve quelques bouteilles qui soient encore un peu pesantes, on leur rend à l'instant un demi-centième de solution de tannin et autant de colle de poisson.

Avant d'employer la solution de tannin, il faut remuer la bouteille ou le baril qui la contient, parce qu'elle forme un dépôt après un repos de quelques jours.

Les vins gras travaillés d'après les procédés décrits, sont dégraissés quelquefois en moins de quinze jours, un mois au plus tard.

La solution de tannin ne donne au vin ni couleur, ni odeur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

prononcée, elle ne lui communique aucune saveur étrangère, et provoque considérablement la mousse, si on l'emploie avant le tirage; les vins soumis à son influence n'en sont nullement altérés; enfin on obtient, par son emploi, des résultats très-satisfaisans et infiniment supérieurs à ceux que procurent les procédés suivis jusqu'à présent.

Les expériences faites jusqu'à ce jour ont prouvé que les vins, une fois guéris par ce moyen, ne sont pas redevenus malades.

La solution de tannin se conserve sans altération, lorsqu'elle est tenue en bouteilles pleines et bien bouchées. Il faut la mettre à l'abri du froid.

M. François la prépare au moyen de la noix de Galle, précipitée par le sous-carbonate de potasse.

ORDONNANCE DU ROI

Relative aux chaudières à vapeur.

CHARLES, PAR LA GRACE DE DIEU, ROI DE FRANCE ET DE NAVARRE :

A tous ceux qui ces présentes verront, salut.

Sur le rapport de notre ministre secrétaire-d'état au département de l'intérieur;

Vu les ordonnances des 2 avril et 29 octobre 1823, et 25 mai 1828 et 23 septembre 1829;

Considérant que les chaudières, dans lesquelles on produit habituellement de la vapeur à un degré de pression quelconque, peuvent offrir les mêmes dangers que celles des machines à haute pression, soit que ces chaudières servent à la marche des machines, au chauffage à la vapeur,... ou à tout autre usage analogue;

Qu'il convient donc de prescrire, à leur égard, les précautions qui ont paru de nature à réduire l'étendue de ces dangers;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Article premier. Toute chaudière destinée aux établissemens publics ou industriels, dans laquelle on doit produire de la vapeur, à un degré de pression quelconque, et qui servira à la marche des machines, au chauffage à la vapeur, ou à tout autre usage, ne pourra être établie à demeure sur un fourneau de construction, qu'en vertu d'une autorisation obtenue dans les formalités prescrites par le décret du 15 octobre 1810, pour les établissemens de deuxième classe, pour les chaudières à haute pression, et de troisième classe, pour les chaudières à basse pression.

Cette autorisation ne sera accordée qu'après l'accomplissement des conditions de sûreté qui sont exigées par la présente ordonnance ; savoir, articles 2 et 3 pour les chaudières à haute pression, et articles 2 et 4 pour les chaudières à basse pression.

Art. 2. Lors de la demande en autorisation, les chefs d'établissemens déclareront à quel degré de pression habituelle leurs chaudières devront fonctionner.

Ils ne pourront, dans aucun temps, dépasser le degré de pression déclaré par eux, et constaté par l'acte d'autorisation.

Art. 3. Les chaudières à haute pression, c'est-à-dire celles dans lesquelles on doit produire de la vapeur à une pression habituelle de plus de deux atmosphères, devront être soumises, indépendamment de l'épreuve prescrite par notre ordonnance du 23 septembre 1829, aux conditions exigées par les articles 4, 5, 6 et 7 de l'ordonnance royale du 20 octobre 1823.

Art. 4. Les chaudières destinées aux établissemens publics ou industriels, dans lesquelles la force élastique de la vapeur fait équilibre à deux atmosphères au plus, seront soumises aux conditions de sûreté suivantes :

1° Il sera adapté à la partie supérieure de chaque chaudière, deux soupapes de sûreté de mêmes dimensions, et assez grandes pour que le jeu d'une seule puisse suffire au dégagement de la vapeur, dans le cas où elle acquerrait une trop haute tension ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° Chaque soupape sera chargée directement, et sans l'intermédiaire d'aucun lévier, d'un poids équivalent au plus à une pression atmosphérique, c'est-à-dire à raison d'un kilogramme trente-trois millièmes de kilogramme par chaque centimètre carré contenu dans la surface de la soupape;

3° Il sera, en outre, adapté à la partie supérieure de chaque chaudière et près d'une des soupapes de sûreté, une rondelle métallique fusible à la température de 127 degrés centigrades.

Cette rondelle assujétie, ainsi qu'il est d'usage, par une grille, aura un diamètre tel, que sa surface libre sera quadruple de celle d'une des soupapes de sûreté.

4° On renfermera sous une même grille, dont la clé restera entre les mains du chef de l'établissement, la soupape de sûreté et la rondelle fusible placée près d'elle; l'autre soupape sera laissée à la disposition de l'ouvrier qui dirige le chauffage et le jeu de la machine;

5° Chaque chaudière sera munie d'un manomètre à air libre, dont le tube en verre sera coupé à une hauteur de 76 centimètres (vingt-huit pouces) au-dessus du niveau de la surface du mercure pressée par la vapeur.

ART. 5. On affichera dans l'enceinte des ateliers l'instruction ministérielle du 19 mars 1824, sur les mesures de précaution habituelle à observer dans l'emploi des machines à vapeur.

ART. 6. En cas de contravention aux dispositions de la présente ordonnance, les chefs d'établissemens pourront encourir l'interdiction de leurs chaudièress sans préjudice des peines, dommages-intérêts qui seraient prononcés par les tribunaux.

ART. 7. Notre ministre-secrétaire d'état au département de l'intérieur est chargé de l'exécution de la présente ordonnance qui sera insérée au *Bulletin des lois*.

Donné en notre château des Tuileries, le 27ᵉ jour du mois de mars de l'an de grâce 1830, et de notre règne le sixième.

CHARLES.

Le ministre secrétaire-d'état de l'intérieur,

MONTBEL.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

COMPOSITION

Du mastic Hamelin, et de la peinture de pierre du même auteur.

M. Hamelin, Français, a fait un séjour de plusieurs années en Angleterre, où il a été employé aux constructions des bâtimens de la couronne ; on lui doit la composition d'un ciment, qu'on dit fort économique, et qui est supérieur à celui de *Parker*. On en fait à Londres un très-grand usage généralement pour les enduits des façades de maisons, ainsi que pour les ornemens extérieurs et intérieurs. Il a beaucoup d'analogie avec le mastic connu en France sous le nom de *Dilh*, mais il est fabriqué par M. Hamelin avec une telle économie, qu'il se vend en Angleterre 5 schelings le quintal de 112 livres, ce qui répond à 6 fr. 25 c. les 50 kilog. 78, et de plus il emploie beaucoup moins d'huile que le dernier, la dose étant d'un gallon pour lesdites 112 livres, ou 4 litres 62, pour 50 kil. 78.

M. Hamelin le compose ainsi qu'il suit :

Litharge et minium,	9 pour 100 du volume.
Pierre tendre,	50
Silice,	50

Outre son prix modique, ce ciment offre plusieurs avantages remarquables ; il n'a pas besoin d'être peint, cette composition blanchissant graduellement, et arrivant au bout de quatre mois à la teinte exacte de la pierre ; il adhère avec toute espèce de matériaux, tel que le bois, la brique, la pierre, le fer, etc. ; il forme même corps avec lui-même, propriété que ne présente pas le ciment Parker. Il s'emploie avec le plus grand soin dans les lieux humides et sur les murs salpêtrés ; enfin à l'intérieur, où il est propre à former toutes sortes de moulures. On peut étendre dessus toute espèce de couleur à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'huile, dans les vingt-quatre heures de l'exécution, et la couleur s'incorpore complètement avec le ciment.

Ces enduits peuvent n'avoir qu'un à deux centimètres d'épaisseur.

Mais la propriété la plus remarquable de cette composition est de pouvoir elle-même s'étendre sur les murs comme une peinture. Elle recouvre bien les corps sur lesquels on l'applique, le bois, la pierre, les métaux, et les garantit de l'humidité et de l'oxidation.

La pierre tendre employée par M. Hamelin est, sans doute, l'argile en rognons dont on se sert dans la composition du ciment Parker, et qu'on tire de l'île de Shapee. Cette pierre diffère donc du calcaire de Boulogne et aussi de celui de Pouilly; cependant on sait que ceux-ci le remplacent avec avantage.

M. Emerson a fait des expériences sur la force comparative du poids que peuvent supporter diverses substances : elles ont été faites sur un pouce cube pour les corps suivans :

Fer,	76,400.
Airain,	35,500.
Chêne,	8,580.
Buis,	8,850.
If et prunier,	8,850.
L'orme,	6,070.
Le frêne,	6,070.
Le hêtre,	6,070.
Le noyer,	5,360.
Le sapin rouge,	4,290.
Le houx,	4,290.
L'aunaie,	4,290.
Le frêne.	4,290.
Bouleau et saule,	4,290.
Pierre de taille,	914.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Longueur en prisme nécessaire pour que les substances ci-dessous rompent sous leur poids :

Acier fondu,	39,455	pieds.
Fer de Suède,	19,740	
Fer d'Angleterre,	16,938	
Fer fondu,	6,110	
Cuivre fondu,	5,003	
Airain jaune,	5,180	
Étain fondu,	1,496	
Plomb fondu,	384	
Bonnes cordes de chanvre,	18,790	

NOUVELLES DE L'INDUSTRIE.

On vient d'employer à Londres la force due à la vapeur, pour faire mouvoir les pompes à incendies. — Il paraît que les machines sont fort légères puisqu'elles peuvent être ainsi transportées avec rapidité avec la pompe même, jusqu'au lieu de l'incendie. — Si leur mécanisme et la disposition dont nous attendons la description offrent quelque particularité, nous nous empresserons de les transmettre aux lecteurs de l'*Industriel*.

Imprimerie de Sellique, rue des Jeûneurs, n. 14.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

N° 5. (8e VOLUME.) Mars 1830.

L'INDUSTRIEL,

JOURNAL

PRINCIPALEMENT DESTINÉ A RÉPANDRE LES CONNAISSANCES UTILES A L'INDUSTRIE GÉNERALE, AINSI QUE LES DÉCOUVERTES ET LES PERFECTIONNEMENS DONT ELLE EST JOURNELLEMENT L'OBJET.

MÉMOIRE

SUR LA FABRICATION DU SUCRE DE BETTERAVES,

PAR M. A. LÉON.

(Voir la description de sa chaudière à déféquer, page 223.)

La fabrication du sucre indigène a été l'objet de tant d'écrits récens, qu'on pouvait croire cette matière épuisée pour quelques années. Les renseignemens donnés à la commission d'enquête par deux de nos pricipaux fabricans (1), les dernières instructions publiées par MM. Dubrunfaut et Clémandot (2)

---

(1) *Enquête sur les sucres.* Imprimerie royale. Mai 1829. Voir les dépositions de MM. Crespel-Dellisse et Blanquet, pages 120 et 134.

(2) *Mémoire sur la fabrication du sucre de betteraves*, par M. Dubrunfaut. *Industriel*, 6e volume, n. 5 ; avril 1829.

Considérations sur l'action qu'exercent les agens employés dans la défécation, par J.-J. Clémandot. Brochure in-8°. Chez Mesnier, place de la Bourse.

Essai de chimie e Observations pratiques sur la fabrication du sucre de betteraves, par J.-J. Clémandot. Novembre 1829.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

semblaient avoir fixé d'une manière invariable les méthodes à suivre pour l'année 1829.

Cependant, la campagne qui vient de se terminer a vu mettre en pratique des procédés nouveaux, lesquels ont donné des produits supérieurs aux produits précédemment obtenus. *L'Industriel* qui, dès sa création, n'a cessé de se rendre l'organe des découvertes dans la branche d'industrie qui nous occupe, est encore aujourd'hui le premier à en proclamer les nouvelles améliorations.

Occupé depuis long-temps du raffinage des sucres, j'ai fait connaître les principaux établissemens de la Hollande, de l'Allemagne (1) et de l'Angleterre (2), que j'avais visités.

Au commencement de 1829, M. E. Lainné m'ayant proposé de former une fabrique de sucre de betteraves dans sa propriété d'Argœuves, je dus refuser, parce que j'avais alors une grande raffinerie en construction (3). Rentré en France en octobre dernier, je me chargeai de fabriquer sa récolte.

A mon arrivée à Argœuves, les bâtimens de l'usine étaient achevés; mais les dispositions intérieures ne purent l'être qu'en décembre, et l'établissement ne fut mis en activité qu'en janvier. Mes travaux de constructions se sont bornés à une buanderie, un empli, un calorifère et quelques objets de petit détail.

Les appareils, tels que manége, laveur, râpe, presses hydrauliques, chaudières à défequer, à clarifier et à cuire, étaient placés; je les connaissais; mais je vis là, pour la pre-

---

(1) *The mechanics' magasine Museum register journal and gazette by Knight and Lacey.* Paternoster row London.

(2) *Industriel.* Décembre 1827 et février 1828.

(3) La raffinerie de sucre à la vapeur avec cuisson dans le vide de MM. Van Aken et comp., à Gand (Belgique).

Incessamment je publierai les dessins de cet établissement, qui a été honoré de la présence de S. M. le roi des Pays-Bas, le 29 mai 1829.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mière fois, le concentrateur de M. Hallette, destiné à remplacer les chaudières à évaporer.

Cet appareil avait été critiqué lorsqu'il n'existait encore que dans la pensée de l'auteur. On ne mettait point en question sa solidité, la facilité de son maniement, la célérité et l'économie dans ses fonctions, etc., mais on assurait qu'il ne fournirait que des produits altérés. Cette opinion ne fut pas justifiée par la pratique. Cependant elle avait fait naître une prévention telle, que des fabricans refusaient les concentrateurs qu'ils avaient commandés lorsque ceux-ci étaient encore dans les mains des constructeurs. D'après mes conseils, M. Lainné n'accepta point des chaudières à évaporer qu'on lui offrait comme moyen de salut; il s'en tint au concentrateur, et désormais il n'emploiera pas d'autre mode d'évaporation; déjà il compte sur un second concentrateur pour la campagne prochaine, son établissement devant recevoir à cette époque une grande extension.

Pour peu qu'on veuille se rappeler combien il s'est passé de temps avant qu'on ait voulu faire usage en France de moteurs et d'appareils, tels que machines à vapeur, presses hydrauliques, etc., dont l'usage s'est depuis répandu jusque dans nos campagnes et dans nos colonies, on sera peu surpris que le concentrateur, à son apparition, n'ait pas reçu partout l'accueil que méritait cette conception entièrement française. Pendant long-temps on citait Argœuves comme la seule fabrique où on le vît fonctionner de continue, et ce n'est que vers la fin de la campagne que mes élèves le firent employer avec succès dans d'autres sucreries.

Cependant c'est avec cet appareil que j'ai fabriqué les plus beaux sucres bruts que la betterave ait encore fournis; telle est l'opinion des fabricans qui ont visité Argœuves : MM. Crespel-Dellisse, Jallu fils, Dècles, Deverinnes, Delacourt, Montauvillé, Lamotte, Seigneur-Gens, Boutard, Barbaux, Duval, Spineux, Nicas, Laurence, Martineau, etc.

L'appareil, comme on le voit (planche 13 figure 1re), se compose de deux cylindres concentriques A et B dont les diamètres sont assez différens entre eux pour laisser un vide CCCC dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lequel circule la vapeur produite par un générateur ; cette vapeur est admise dans l'appareil par le petit tube D ; on en modifie les effets par le robinet F ; elle pénètre d'abord dans le boisseau ou bourlet en fonte G, qui, au moyen de la gorge annulaire H, la met en contact avec la partie non couverte du cône I, percé d'un trou qui laisse accès à la vapeur dans le vide CC. La vapeur alors se condense en partie dans cette espace, et l'eau qui en résulte se rend dans la gorge interne du bourlet KK, qui a deux points diamétralement opposés, porte des soupapes à coquilles LL, dont les queues saillantes à l'extérieur sont armées de petits galets qui, dans le mouvement de rotation de l'appareil, viennent frotter sur un plan incliné M, que l'on soulève à volonté au moyen des vis de rappel NN, pour prolonger la durée de la pression, et par là celle de l'ouverture de la soupape qui laisse évacuer l'eau de condensation dans la bâche OO, d'où elle s'échappe par le tube P pour se rendre dans le réservoir extérieur QQ, où plonge le tuyau aspirateur d'une pompe foulante qui renvoie cette eau à la chaudière génératrice. La vapeur qui s'échappe en même temps que l'eau de condensation des soupapes à coquilles LL, se refugie dans le tube *a* qui termine le couvercle *b* et peut être employée à chauffer des purgeries.

RR sont deux galets en fonte dont les axes reposent sur les supports SS ; c'est sur ces galets que se meut l'appareil qui, à son extrémité, fait sa rotation dans le coussinet d'un support T, qui est disposé de manière à recevoir l'arbre d'un pignon, terminé par une manivelle U, qui sert, au moyen d'une grande roue d'angle V, à mouvoir l'appareil à la main.

X est le bac, réservoir du liquide que l'on veut concentrer.

Y est un petit bac intermédiaire dans lequel un flotteur Z, qui s'élève ou s'abaisse en raison de l'augmentation du liquide dans le concentrateur, règle l'ouverture du robinet du bac X, de manière à établir une pression constante sur l'orifice du robinet à cadran *c*, et par suite une admission uniforme dans l'appareil.

d, orifice de sortie du liquide concentré dont l'intérieur est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

divisé en deux branches courbes qui se prolongent du centre à la circonférence où elles puisent le liquide à la faveur du mouvement de rotation et le ramènent dans le tube de sortie.

e est un gros tuyau par lequel s'échappe la vapeur du liquide sur lequel on opère; il s'élève jusqu'au toit du bâtiment et repose sur un coude *f* qui embrasse à frottement doux, au moyen de la boîte à filasse *g*, le bout de tuyau *h* boulonné à l'extrémité de l'appareil. Le coude *f* est traversé par le petit tube d'admission *i*, sur lequel est reposé le robinet à cadran *c*.

Le cylindre extérieur ou plutôt le concentrateur tout entier est enveloppé par une grosse étoffe de laine recouverte elle-même d'un robage en bois qui le préserve du contact de l'air.

Le cylindre intérieur renferme une barre de fer plat *k* (planche 13) taillé en biseau sur toute sa longueur, mais seulement d'un côté. Cet instrument empêche la formation des dépôts par le frottement qu'il occasione lorsque le concentrateur est mis en mouvement. Pour lui faire tenir une même position sans qu'il puisse jamais se renverser, on attache deux cercles *l* à ses extrémités.

Pour garantir les courbes *d* de la barre *k*, on fixe devant ces courbes un cercle en cuivre *m* de même diamètre que le cylindre intérieur; il a sur toute sa circonférence des parties vides par où le liquide va rejoindre les courbes.

n, soupape à coquille pour vider entièrement l'appareil à la fin de chaque opération.

Lorsqu'on veut donner le mouvement à l'appareil au moyen d'une courroie, il suffit de placer celle-ci autour de l'enveloppe du cylindre extérieur et vers le point milieu. La dépense en force motrice est moindre que la force d'un cheval.

Voici les changemens que cet appareil a subis à Argœuves.

Dans le principe, le concentrateur ne devait faire que sept révolutions par minute; une instruction de M. Hallette, parvenue au moment de la fabrication, prescrivait trente tours; mais je remarquai qu'à ce nombre le jus tournait en même temps que l'appareil, et par conséquent ne changeait plus de surfaces, ce qui ne produisait pas plus d'effet que si le concen-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trateur restait au repos. Nous réduisîmes la quantité de révolutions à vingt, et depuis nous n'avons plus dépassé ce nombre.

Une partie de la vapeur provenant du jus en ébullition devait nécessairement se condenser avant d'atteindre le haut de la cheminée *e*; cette eau rentrait dans le jus et retardait l'opération; pour la recueillir, on plaça un petit robinet à l'extrémité du coude *f*, et tout proche du calefat *g*. On retira par ce moyen environ 120 litres d'eau de condensation par jour.

Enfin la cheminée *e*, son coude *f*, la boîte *g* et le bout de tuyau *h* furent entièrement supprimés et remplacés par la caisse en bois *p*, fig. 3, 4 et 8 surmontée de la petite hotte *q*. Deux petites portes *rr* en regard à l'intérieur du concentrateur permettent un accès facile pour voir dans l'appareil.

Pour opérer la concentration, on commence par ouvrir le robinet d'introduction *c* au moment où le concentrateur fait ses premières révolutions, et l'on ne donne accès à la vapeur par le robinet F que lorsque le liquide est parvenu à l'orifice de sortie *d*, autrement il arriverait que le jus serait tellement concentré, qu'il ne parviendrait que difficilement dans les courbes de l'orifice de sortie *d*. Dans ce cas, il faut modérer l'entrée de la vapeur et augmenter au contraire l'admission du liquide.

Lorsque l'appareil est en mouvement et que la vapeur y circule, si tout d'un coup l'admission du liquide est suspendue (1), le peu de jus resté dans l'appareil est tellement concentré, que la barre K se colle aux parois du cylindre B, tourne en même temps que celui-ci, mais son poids la détache avant qu'elle ait achevé la moitié de sa révolution, et elle reprend sa position première. On fait cesser le bruit qu'occasionent ces chutes répétées en introduisant le liquide à concentrer, si l'on tient à ne pas arrêter le mouvement de l'appareil.

(1) Il suffit pour cela que l'orifice de la clé du robinet *c* soit engorgé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Enfin, si le frein M n'était pas assez élevé, les soupapes L L cesseraient de se vider; la vapeur refoulant l'eau de condensation ébranlerait l'appareil. Alors on arrête la vapeur, et en resserrant les vices de rappel N N, on rehausse ce frein sur lequel on laisse reposer une des soupapes L, jusqu'à ce que l'appareil se trouve débarrassé de son eau de condensation.

Pour nétoyer l'appareil, on met un bouchon à l'orifice *d*, puis on introduit de l'eau dans l'intérieur du concentrateur par le petit bac régulateur Y, et l'on donne accès à la vapeur par le robinet F; l'eau ne tarde pas à se mettre en ébullition, alors on débouche l'orifice *d* pour recevoir dans un seau les petites eaux; cette opération ne dure que quelques minutes et n'a lieu que deux ou trois fois par semaine.

Maintenant on conçoit que la densité du jus concentré par cet appareil est en raison de la quantité de vapeur admise par le robinet F et de la masse du liquide introduite par le robinet c. Celles-ci une fois réglées, le degré du jus concentré devra varier chaque fois que la tension de la vapeur du générateur augmentera ou diminuera, ou bien encore lorsque le moteur transmettra une vitesse plus ou moins grande à cet appareil.

Ainsi à Argœuves, où le moteur est un manége, il arrive souvent que le concentrateur fait cinq tours de plus par minute que lorsque les bêtes de trait ralentissent leur pas habituel. A chaque relais l'appareil se trouve arrêté, ce qui oblige de fermer les introductions de vapeur et de jus. Lorsqu'on met de nouveau en mouvement, l'appareil est refroidi et le jus se concentre moins vite au commencement de chaque opération.

La vapeur est engendrée par deux générateurs qui sont en communication. Le calorique est transmis à tous les appareils par une seule prise de vapeur, de sorte que la tension de la vapeur varie toutes les fois qu'on arrête ou qu'on met en activité la défécation, la concentration ou la cuite. C'est ainsi que le manomètre des générateurs indiquait depuis deux jusqu'à quatre atmosphères; mais le concentrateur étant éloigné des générateurs, la vapeur perd près d'une atmosphère dans le trajet. Toutes ces petites imperfections eussent été sensibles si l'on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'était proposé autre chose que de concentrer ; mais, pour cette opération, j'obtenais toujours la commune que je désirais, c'est-à-dire que, filtrant à 25 degrés, j'arrivai facilement à cette densité. Le jus défèqué pesait souvent moins de 3 degrés et rarement plus ; le terme moyen de la quantité du jus évaporé était de 5 hectolitres à l'heure, qui ne séjournaient que 5 à 6 minutes dans l'appareil.

Je me suis assuré que du jus sorti du concentrateur à 30 degrés de densité était d'une température de 8 centigrades moindre que si ce même jus avait été concentré dans une chaudière où la vapeur circule dans des tubes. Quant à la nuance, quoique souvent la différence fût peu sensible, elle était toujours en faveur du concentrateur.

Dans l'état où il est aujourd'hui, je ne crois pas que le concentrateur puisse servir pour la cuite des sirops. Les courbes *d* ne puisent que difficilement la cuite lorsque celle-ci approche de 40 degrés de l'aréomètre. Maintenant, en supposant que la cuite sorte régulièrement de l'appareil, je doute encore qu'on puisse l'employer pour cet objet, parce que cette cuite se présente en trop petite quantité pour que la masse nécessaire à la formation d'un emploi puisse conserver la température requise pour cette opération.

Mais ce qui devient un inconvénient pour la cuite, est un avantage réel lorsqu'on ne veut évaporer que pour obtenir une clairce. Celle-ci sortant de l'appareil en un petit jet continu peut se filtrer immédiatement sans qu'il soit nécessaire de la réchauffer, comme on le fait lorsqu'on concentre avec des chaudières.

N'ayant pas eu de générateur affecté particulièrement au concentrateur, je n'ai pu me rendre compte de sa dépense en combustible ; je pense qu'un générateur de 20 chevaux de vapeur est nécessaire à son alimentation.

Lorsqu'on évapore dans des chaudières, il faut arrêter à chaque opération pour vider et recharger ; et quoiqu'il y ait des ouvriers à poste fixe chargés exclusivement de veiller aux chaudières, il arrive souvent que le jus déborde. Cela n'a jamais

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lieu avec le concentrateur, qui, une fois réglé, s'alimente et se vide sans le secours de personne. Ces avantages, joints à ceux que j'ai énoncés plus haut, lui assurent une supériorité marquée sur tous les autres modes d'évaporation employés jusqu'à ce jour. (*La suite au prochain Numéro.*)

MÉMOIRE

SUR LES CHEMINS A ORNIÈRES,

PAR MM. L. COSTE ET PERDONNET.

Les auteurs, dans un voyage en Angleterre, ont été à même d'apprécier les routes et les canaux qui sillonnent de toutes parts cette patrie de l'industrie; ils ont depuis leur retour visité le peu de routes en fer que nous possédons en France; on peut donc compter sur l'exactitude des faits qu'ils annoncent, en même temps que leurs connaissances donnent de l'importance aux observations qu'ils ont faites; on en jugera mieux du reste par les extraits suivans, que nous avons choisis comme présentant un intérêt général à tous les hommes qui s'occupent d'industrie.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Sur le tracé des chemins de fer.

Le choix et le tracé d'une ligne sont les plus importans sujets de méditation pour l'ingénieur de chemins de fer. Il y a, dans l'un et l'autre problèmes, deux questions à résoudre, une question purement commerciale et une question d'art. Il faut combiner habilement les élémens que fournit la solution de chacune d'elles prise séparément, de manière à avoir le produit le plus grand possible pour solution de la question générale; ou, en d'autres termes, il s'agit de choisir parmi plusieurs suites de points, celle par où passe un chemin sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lequel le calcul donnera la plus grande somme possible pour les bénéfices pécuniaires, dont l'expression est le montant présumé de la perception des taxes, diminué de l'intérêt des capitaux engagés, de leur dépréciation, des frais d'entretien et d'administration et des frais de transports. L'appréciation du montant des taxes que l'on peut espérer de percevoir sur une certaine ligne et les dépenses de l'administration se rapportent ici à la question commerciale; le calcul des capitaux que nécessiteront probablement les travaux d'art, le matériel, etc., ainsi que celui de leur dépréciation, des frais d'entretien et des frais de transport regardent plus particulièrement l'homme de l'art.

Il est clair qu'il n'y a pas de règles fixes à prescrire pour arriver au résultat énoncé ci-dessus; c'est la sagacité de l'ingénieur qui doit décider de la meilleure marche à suivre dans chaque cas. Nous allons par conséquent nous borner à quelques remarques générales.

Tonnage.

L'élément principal de la question commerciale est le tonnage ou la quantité de marchandises qui doit circuler sur la ligne du chemin.

D'après les dépenses et les profits des différentes grandes routes en fer que l'on a établies dans la Grande-Bretagne et en France, ou d'après les prospectus de celles qui sont en projets dans l'un et l'autre royaume, il ne paraît pas que l'on puisse, à moins de circonstances extrêmement favorables, tirer un intérêt raisonnable des capitaux lorsque le mouvement commercial est moindre que 50,000 tonnes.

De Darlington à Stokton le mouvement commercial est de 80 à 100,000 tonnes. De Liverpool à Manchester, on compte, d'après le rapport de M. Rastrick, sur environ 1,100,000 tonnes de marchandises dans une année de trois cents jours de travail, et 36,000 tonnes de voyageurs. Sur les 1,100,000 tonnes de marchandises, 600,000 ne parcourent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'une partie de la route. De Saint-Étienne à Andrezieux, on a transporté de 50 à 60,000 tonnes; de Roanne à Andrezieux, on compte sur 160 à 180,000 tonnes à l'ouverture du chemin, et on calcule que 130,000 tonnes environ donneront un intérêt de 10 pour 100 dans le cas d'une voie. De Saint-Étienne à Lyon, on espère de 300,000 à 350,000 tonnes de marchandises, et nn grand nombre de voyageurs.

Avant de commencer le tracé d'un chemin à ornières, la première chose à faire est d'établir exactement le coût du transport avec chaque espèce de moteurs, en plaine et sur les diverses espèces de pentes que l'on peut avoir à franchir. Il faut ensuite examiner dans quel sens le mouvement est le plus grand; car le tracé doit être tel que le transport s'effectue le plus facilement dans cette direction. Dans le cas des chemins de fer, lorsqu'on suppose qu'il y aura économie à employer les machines comme moteurs, il ne convient plus, comme pour quelques grandes routes pavées ou macadamisées, de suivre les ondulations du terrain; mais devra-t-on franchir les collines en se développant sur leurs flancs et établissant de grands plans inclinés, en haut desquels on placera des machines fixes, ou sur lesquels on fera usage de l'effet de la pesanteur? Divisera-t-on plutôt la ligne en une série de parties de niveau et petits plans inclinés, disposés de distance en distance, comme les écluses d'un canal, que l'on franchira aisément avec des chevaux ou même des machines locomotives, ou bien vaudra-t-il mieux, lorsque les circonstances le permettront, percer un souterrain ou faire une coupure, et conserver ainsi à la route, soit une horizontalité parfaite, propre à la circulation en tous sens par tout autre moteur que la gravité, soit une pente extrêmement douce, sur laquelle les chariots descendront par leur propre poids, et pourront être ramenés par une machine locomotive? Toutes ces questions doivent se résoudre par des calculs basés sur le coût des transports par telle ou telle espèce de moteurs, et sur celui des travaux d'art. Il est bon d'observer cependant que les grands plans inclinés paraissent être généralement en usage en An-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gleterre, et que nous n'avons ouï parler d'aucun chemin où l'on ait divisé la pente en parties de niveau et en plans inclinés de très-peu de longueur, comme ont proposé de le faire plusieurs ingénieurs célèbres.

Sur les routes ordinaires, on ne craint pas en Angleterre une pente moindre que $\frac{1}{30}$; mais sur les chemins de fer, cette pente devra être beaucoup plus faible, surtout s'il s'agit d'employer des machines locomotives. Les renseignemens que nous avons donnés sur la force de ces machines mettront à même de calculer la plus grande inclinaison, sur laquelle l'économie du transport permettra de les adopter dans une certaine localité.

Courbes ou circuits.

Enfin on devra, dans le tracé d'un chemin de fer, éviter les grands circuits; ils sont surtout nuisibles sur les plans inclinés, quoique en Angleterre des raisons d'économie aient quelquefois forcé à adopter des courbes même dans ce cas. On sent en effet que, dans les circuits, le rebord des roues de chariots étant ordinairement en dedans, une partie de ce rebord appartenant aux roues qui marchent sur la file de rails de la plus grande courbe lui fait corde, et que le rebord des roues qui marchent sur les rails de la plus petite courbe est tangent à celle-ci. De cette manière, les deux roues qui tournent sur la grande courbe, éprouvent un frottement beaucoup plus grand que sur une ligne droite. On a imaginé de porter la plus grande partie du poids du chariot sur les deux autres roues, en plaçant la file de rails de la plus grande courbe plus haut que celle de la plus petite; mais cela ne remédie pas entièrement au mal : aussi les courbes de la grande route de Liverpool à Manchester ont-elles toutes au-delà de 500 mètres de rayon, excepté une courbe de peu de longueur, à l'entrée de Manchester, à laquelle on a été obligé de donner 180 mètres.

MM. Séguin ont fait de grands sacrifices pour donner à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

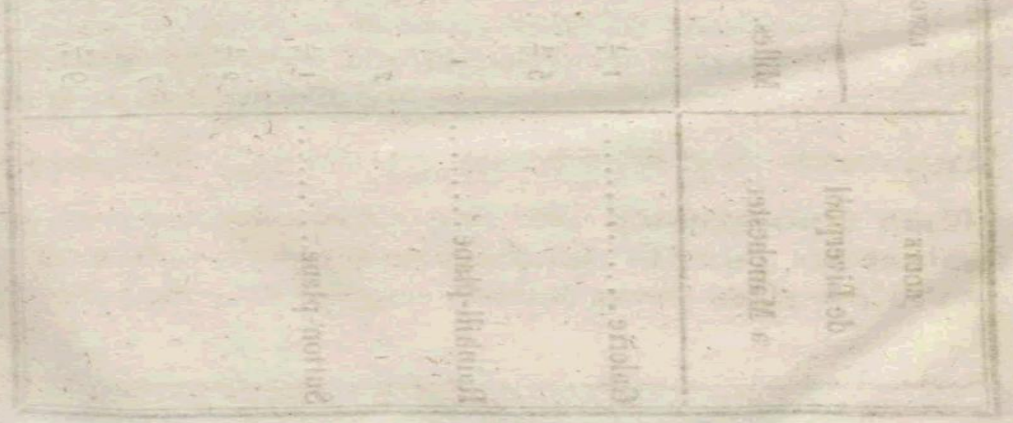
toutes leurs courbes, sur la route de Saint-Étienne à Lyon, 500 mètres au moins de rayon. Il paraît qu'à Darlington il y a des courbes d'un assez petit rayon, qui occasionent une augmentation notable dans les frais de transports. Sur le chemin de Saint-Étienne à Andrezieux, les courbes ont de 75 à 100 mètres : c'est une faute de construction dont on n'avait pas pu prévoir les inconvéniens, lorsqu'on a construit ce chemin de fer, le premier de quelque étendue que l'on ait vu en France. Le chemin de Roanne à Andrezieux aura des courbes de 200 mètres; mais on les a adoptées par pure raison d'économie.

On ne trouve nulle part de résultats d'expériences faites pour déterminer l'augmentation de force motrice que nécessitent sur les chemins de fer certaines courbures et de l'évaluation des extra-réparations aux rails qu'elles occasionent. Sans des données numériques à cet égard, il est impossible de balancer exactement les dépenses qu'épargne ou entraîne l'adoption de courbes d'un certain diamètre.

Tracé de différentes routes en fer.

Voici maintenant des détails sur le tracé de plusieurs routes en fer.

Le profil de la route de Liverpool à Manchester est une ligne brisée, qui se compose de parties droites, dont nous donnons dans le tableau suivant la longueur et l'inclinaison.



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ROUTE de Liverpool à Manchester.	LONGUEUR.		INCLINAISON, en montant.		en descendant.		OBSERVATIONS.
	Milles.	Kilom.	par yard.	par mèt.	par yard.	par mèt.	
Galerie	1 $\frac{1}{4}$	2,010	$\frac{3}{4}$ pouce.	0,0208	»	»	La première partie, longue de 1 1/4 de mille, correspond à la galerie ou tonnelle placée à l'entrée de Liverpool.
	5 $\frac{5}{4}$	9,246	$\frac{25}{100}$ ligne.	0,0009	»	»	
Rainhill-plane	1	2,412	$\frac{3}{8}$ pouce.	0,0104	»	»	M. Walker, dans une deuxième édition de son rapport sur les moteurs, que nous venons de recevoir, donne une section qui offre de légères différences avec celles-ci. Peut-être depuis notre voyage en Angleterre a-t-on fait subir quelques modifications aux anciens plans.
	2	3,216	»	de	niveau.	»	
Sutton-plane.....	1 $\frac{1}{2}$	2,412	»	»	$\frac{3}{8}$ pouce.	0,0104	
	2 $\frac{1}{2}$	4,020	»	de	niveau.	»	
	7	11,256	»	»	$\frac{27}{100}$ ligne.	0,0009	
	9 $\frac{3}{4}$	14,472	$\frac{25}{100}$ ligne.	0,0007	»	»	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La longueur totale est de 31 $\frac{1}{4}$ de mille (50231^{m}).

MM. Walker et Rastrick ont proposé deux combinaisons différentes de moteurs pour cette route.

D'après la première combinaison, on placerait au sommet de chacun des plans inclinés de Rainhill et Sutton, deux machines de cinquante chevaux, au sommet de la galerie deux machines de soixante chevaux, et le service se ferait sur les autres parties de la route, avec cent deux machines locomotives de dix chevaux chacune.

D'après la seconde combinaison, tous les transports se feraient avec des machines fixes; on placerait au sommet de chacun des plans inclinés de Rainhill et Sutton, deux machines de soixante chevaux chacune, et au sommet de la galerie deux machines de soixante-quinze chevaux. On diviserait la partie du chemin comprise entre la galerie et le pied du plan incliné de Rainhill, en quatre stations éloignées de 1 $\frac{1}{2}$ mille (2,400^{m}) l'une de l'autre, et on placerait deux machines de trente chevaux à chacune des trois premières stations, et deux machines de vingt chevaux au bas du plan incliné. Il y aurait deux machines de vingt chevaux chacune entre les plans inclinés de Rainhill et de Sutton, en un point également distant de leurs sommets; enfin, l'espace entre le pied de la rampe de Sutton et Manchester serait partagé en quatorze stations, éloignées l'une de l'autre de 1 $\frac{1}{2}$ mille excepté l'avant-dernière, située à un mille de Manchester. Deux machines, chacune de vingt chevaux seraient placées au bas du plan incliné, deux machines de douze à Manchester, et une couple de machines de trente chevaux à chacune des autres stations.

M. le chevalier Masclet a donné, dans le journal du génie civil (1), des renseignemens sur la route de Darlington. Nous nous dispensons de les rapporter dans l'*Industriel*.

Route établie par M. Thompson aux environs de Newcastle.

Voici pour la route en fonte que M. Thompson a établie récemment aux environs de Newcastle-sur-Tyne, un tableau semblable à celui que nous avons donné pour celle de Liverpool.

---

(1) Voyez *Journal du génie civil*, troisième livraison de 1828.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

	DÉSIGNATION des subdivisions de la ligne.	LONGUEUR.		INCLINAISON			
				en montant.		en descendant	
		Yards.	Mètres.	En fractions ordinaires.	En fractions décimales.	En fractions ordinaires.	En fractions décimales.
TRANSPORTS effectués avec des chev. p. mach. fix. TRANSP.	De Fawdon	11	10,06	»	de	niv.	
	Plan dit Brunton-plane; machine de 12 chevaux	924	844,62	$\frac{1}{52}$	0,0190	»	»
	Plan dit Triune plane;						
	Prem. partie	924	844,62	»	de	niv.	
	Deuxième partie	550	502,75	$\frac{1}{1800}$	0,0006	»	»
	Troisième partie	880	804,40	»	de	niv.	0,0042
	Quatrième partie	528	482,64	»	»	$\frac{1}{240}$	
	Plan dit Wide open-plane	704	643,53	»	»	$\frac{1}{78}$	0.0128
	Plan dit Weetslade-plane:						
	Prem. partie	1232	1126,17	$\frac{1}{514}$	0,0019	»	»
	Deuxième partie	1078	987,40	$\frac{1}{600}$	0,0017	»	»
TRANSPORTS effectués par machines fixes, ou par la gravité.	Plan dit Killing-worth-plane; machine de 24 chevaux:						
	Prem. partie	352	321,66	$\frac{1}{80}$	0,0125	»	»
	Deuxièm. partie	935	854,68	$\frac{1}{58}$	0,0172	»	»
	Plan dit Bac worth plane; machine de 6 chevaux:						
	Prem. partie	1260	1151,77	»	»	$\frac{1}{1800}$	0,0067
	Deuxième partie	1056	965,29	»	»	$\frac{1}{100}$	0,0100
	Plan dit Shyremoor-plane; machine de 12 chevaux	1562	1427,82	$\frac{1}{171}$	0,00584	»	»
	Plan dit Murton-row-plane	1760	1608,82	»	»	$\frac{1}{123}$	0,0081
	Plan dit Flathworth-plane; machine de 40 chevaux:						
	Prem. partie	2068	1800,36	»	»	$\frac{1}{63}$	0,0159
	Deuxième partie	596	544,80	»	»	$\frac{1}{128}$	0,0078
	Plan dit Percy-plane; machine de 8 chevaux	800	731,28	»	»	$\frac{1}{83}$	0,0119
	Parties (Siding) entre les plans inclinés	95	86,84	»	»	$\frac{1}{180}$	0,0056
	Plan dit Tyne-plane, construits en planches au-dessus des talus de la tyne	180	164,54	»	»	$\frac{1}{12}$	0,0833

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La longueur totale de la route est de 17,375 yards ou 9 $\frac{3}{4}$ milles, plus 193 yards ou 15,882 mètres.

Route aux environs de Glascow.

La nouvelle route que l'on fait près de Glascow, entre le canal dit *jonction-canal* et le chemin de fer appelé *Monkland-road*, a sur une longueur de 2 $\frac{1}{2}$ milles à peu près (4 kilom.), une pente de $\frac{1}{55}$ à $\frac{1}{60}$ (de 0,0182 à 0,0167), puis elle reste constamment de niveau. On n'était pas encore décidé sur la nature du moteur dont on se servirait. La route de St-Etienne à Lyon a une pente uniforme, en descendant, de 0,013,446 entre Saint-Etienne et Rive-de Gier.

Route de Saint-Etienne à Lyon.

De Rive-de-Gier au pont du canal, l'inclinaison est de 0,00569, et, de ce point jusqu'à Lyon, elle ne s'élève jamais au-dessus de 0,00056. On paraît être dans l'intention d'employer sur cette route des machines locomotives.

Route de Saint-Etienne à Andrezieux.

La route de Saint-Etienne à Andrezieux, destinée à être parcourue par des chevaux, suit généralement les accidens du terrain.

Route de Roanne a Andrezieux.

Enfin, voici un profil de la route de Roanne à Andrezieux, que MM. Mallet et Henry ont bien voulu nous communiquer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

	LONGURUR. Mètres.	INCLINAISON. En montant, par mètre.	INCLINAISON. En descendant, par mètre.
Départ de Roanne. . .	3035	0,001650	»
	3380	0,003850	»
	2260	0,006373	»
	6342	0,008500	»
	1050	0,041900	»
	1750	0,008500	»
	2010,50	0,045200	»
	650	niveau.	»
	2010,50	»	0,045200
	4400	»	0,001500
	1745	»	0,045200
	1670	niveau.	»
	9300	0,001500	»
	11253	0,000950	»
	6490	0,000800	»
	7810	0,005600	»
	1000	0,030000	»
	600	niveau.	»
	1000	»	0,038900
	40	niveau.	»
Longueur totale.....	67796		

Il est probable que l'on placera des machines à vapeur au sommet des principales pentes, et que l'on disposera des treuils de manière à pouvoir faire usage de la force de la pesanteur. Quant au moteur qui sera employé dans les parties peu inclinées ou de niveau, il n'y a encore rien de bien décidé à cet égard.

COMPARAISON DES CANAUX ET DES CHEMINS DE FER.

Les chemins de fer, considérés comme voies de communication pour un commerce très-actif, ont à redouter plus particulièrement la concurrence des canaux. La question des avantages rélatifs de l'un ou de l'autre mode de transport est assez

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

compliquée. L'un de nous, M. Perdonnet, en ayant fait une étude spéciale et ayant rassemblé sur cette matière des données que, peut-être, il publiera, nous prendrons une partie de ce qui suit dans son mémoire inédit.

Les principaux élémens de la comparaison entre les canaux et les chemins de fer sont :

1° Les frais de construction et les frais d'entretien de l'une et de l'autre espèce de voie ;

2° Les frais de halage sur chacune d'elles.

Lorsqu'on considère combien sont étendues les limites dans lesquelles varient les prix de construction des canaux dans diverses localités, il ne paraît pas qu'il puisse être d'une utilité réelle de comparer, comme l'ont fait quelques auteurs, les moyens de frais de construction d'un certain nombre de canaux et de chemins de fer, et déduire une différence en faveur de l'un ou de l'autre genre de voies de communication ; il règne, d'ailleurs, beaucoup d'incertitudes et de contradictions dans les prix d'établissement de canaux qui ont été publiés, et il existe un bien petit nombre de routes en fer de quelque longueur servant de grandes voies de communication, qui soient entièrement achevées.

Si cependant on veut tirer quelques inductions des données que l'on possède aujourd'hui, il paraîtrait que généralement :

1° Dans des circonstances moyennement favorables, la construction d'un kilomètre de canal coûte plus cher que celle d'un kilomètre de chemin de fer ; la différence en faveur du chemin de fer est trop variable, suivant les localités, pour que l'on cherche à en donner une évaluation numérique ;

2° Les frais d'entretien d'un kilomètre de canal sont plus grands que ceux d'un kilomètre de chemin de fer ;

3° Adoptant sur chaque voie de communication le moteur qui lui convient le mieux, et la vitesse que l'on donne communément à ce moteur, les frais de halage sont moindres sur le canal que sur le chemin de fer.

Ces résultats s'appliquent à la France comme à l'Angleterre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Influence du tonnage sur les benéfices.

Cela posé, l'intérêt des capitaux restant le même, pour un tonnage quelconque et les frais d'entretien étant considérés comme ne variant pas sensiblement, ou comme augmentant et diminuant avec le tonnage à peu près d'une même somme pour le canal et pour le chemin de fer; il arrivera que, *ne tenant compte que des trois élémens précités, le chemin de fer et le canal donneront, pour un certain tonnage, les mêmes profits; mais que, pour un tonnage moindre, l'avantage sera du côté du chemin de fer, et pour un tonnage supérieur du côté du canal.*

Nous avons dit que, dans des circonstances moyennement favorables, la construction d'un kilomètre de chemin de fer était généralement moindre que celle d'un kilomètre de canal. Mais, comme les chemins de fer peuvent être tracés dans beaucoup d'endroits où l'on ne saurait faire passer un canal, il suit de là que la ligne de communication entre deux points donnés sera généralement plus courte, si elle a été établie par un chemin de fer que si elle l'avait été par un canal.

Lorsque les canaux sont sans écluses, ou qu'ils n'en requièrent qu'un petit nombre, comme presque tous ceux de la Lombardie et une grande partie des canaux de la Flandre et de la Belgique, lorsqu'ils suivent en partie les lits des rivières, quelquefois même lorsqu'ils ne sont que latéraux à un fleuve, ils se construisent à bon marché, exigent moins de dépenses pour leur entretien et l'emportent alors, sans aucun doute, sur les chemins de fer.

Attache-t-on quelque importance à une circulation rapide, veut-on spéculer sur le transport des voyageurs aussi bien que sur celui des marchandises, le chemin de fer acquiert de suite une supériorité incontestable sur le canal. En effet, si un cheval faisant 2 milles à l'heure tire sur un canal de petite section trois fois, et sur un canal de grande section peut-être quatre ou cinq fois autant que sur un chemin de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fer, la résistance de l'eau croissant comme le carré de la vitesse et le frottement sur les rails en étant indépendant, il arrive qu'à un certain degré de vitesse (3 $\frac{1}{2}$ milles (5,628 m.) à l'heure, suivant M. Wood), la même force tire autant sur le chemin de fer que sur le canal, et que, si la vitesse est plus grande, cette force tire d'avantage sur le chemin de fer. On observera aussi que, sur un canal, le passage des écluses retarde le circulation bien plus que celui des plans inclinés sur un chemin de fer.

Circonstances diverses qui peuvent faire pencher la balance en faveur du canal ou du chemin de fer.

Viennent enfin un grand nombre de circonstances, dont plusieurs peuvent, suivant les localités, acquérir un degré d'importance suffisant pour faire donner la préférence à telle ou telle voie de communication, les autres avantages étant égaux.

D'un côté, le canal peut servir au dessèchement et à l'irrigation (1); il convient mieux que le chemin de fer au transport de certaines marchandises dont on ne peut pas aisément diviser le poids (2), ou qui craignent les chocs; s'il

---

(1) Voici ce que M. Ravinet (*Dictionnaire hydrographique*, 1824, p. 67) dit du canal de Charras, situé dans le département de la Charente-Inférieure.

« Le vaste terrain qu'il traverse était enseveli presque toute l'année sous des eaux stagnantes; l'air était pestilentiel, et la terre ne produisait que des roseaux et des joncs. Depuis que ce canal est ouvert, l'atmosphère est pure, et le sol donne d'excellens pâturages et des blés de très-bonne qualité.

Les riches plaines de la Lombardie doivent en grande partie leur fertilité aux nombreux canaux qui les arrosent.

(2) On lit dans le cahier des charges pour l'établissement d'un chemin de fer d'Andrézieux à Ersane; « toutefois le transport des masses indivisibles *pesant plus de deux mille kilogrammes*, ne sera point obligatoire. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aboutit par une de ses extrémités à une rivière, ou un lac, il n'y a pas lieu à décharger et recharger les marchandises en passant de l'un à l'antre; il fournit quelquefois de l'eau à des usines, et peut même servir à en donner à un port de mer. Le bruit qu'occasionent les machines et le frottement des chariots sur les chemins de fer est souvent désagréable pour les personnes dont la route traverse la propriété, le canal ne présente pas un pareil inconvénient, etc.

D'un autre côté, les filtrations du canal, si les digues ne sont pas parfaitement construites, peuvent faire tort à l'agriculture, et c'est ce qui arrive assez souvent; les canaux chôment pendant les grandes gelées et les sécheresses, tandis que les transports s'effectuent en toute saison sur les chemins de fer (1). Les réparations que nécessitent les écluses ou autres parties d'un canal sont plus longues à faire et nuisent d'avantage à la circulation que celles que réclame un chemin de fer; les canaux enlèvent plus de terrain à l'agriculture que les chemins de fer (2); s'ils fournissent de l'eau

---

(1) En hiver, on balaie la neige déposée sur les chemins de fer avec des espèces de charrues.

(2) Le nouveau chemin à deux voies, aux environs de Glascow, occupera une largeur de 36 pieds, ou à peu près 12 mètres, au sommet des remblais. L'acte du parlement pour l'établissement de la route de Liverpool à Manchester, dont la largeur a été calculée pour trois voies, ne permet pas de lui donner une section de plus de 22 yards, ou environ 20,11 mèt., partout où il n'y aura pas lieu à établir des magasins, des places de rencontre, et où il ne se trouverait pas des vallées à passer au moyen de remblais ou des collines à traverser par des coupures; enfin la route à deux voies de Saint-Étienne à Lyon, a moins de 8 mètres de largeur, au niveau du plan sur lequel passent les ornières. La plupart des canaux en France ont au moins 10 mètres à la ligne d'eau, beaucoup en ont de 15 à 20. Le canal latéral à la Loire aura 15 mètres, et il faut ajouter à ces nombres la largeur des chemins de hallages, qui sont au moins de 2 mètres. On a même acheté pour ce canal des landes de terrain de la largeur de 40 mètres sur presque toute sa longueur; enfin l'espace qu'occupe les bassins d'alimentation, les rigoles, etc, , pour les canaux, dépasse de beaucoup celui que peuvent exiger les places de rencontre, emplacement de machines fixes, etc., pour les machines de fer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à quelques établissemens, ils l'enlèvent à d'autres, auxquels elle serait nécessaire; il est peu de localités où il n'y ait possibilité d'établir un chemin de fer, puisque les pentes, si ce n'est dans quelques cas très-particuliers, peuvent être aisément franchies; il en est beaucoup où un canal est presque impraticable, puisqu'il exige une certaine quantité d'eau pour l'alimenter et ne pourrait être construit dans un pays de montagnes sans un trop grand nombre d'écluses. L'effet de la gravité, au lieu d'être nuisible sur un chemin de fer, est au contraire souvent employé avec avantage. Il n'en est pas de même pour un canal, puisque les plans inclinés et les bateaux à roulettes paraissent abandonnés. Le canal entrave bien plus que le chemin de fer la communication dans le sens perpendiculaire à la longueur; les marchandises qui craignent l'humidité sont, sur un canal, plus sujettes à s'avarier (1).

Un canal exige ordinairement plus de temps pour la construction et entraîne par conséquent dans une perte d'intérêts plus grande. Enfin, le mode de communication par chemin de fer paraît, bien plus que celui par canaux, susceptible d'améliorations, surtout sous le rapport des moteurs. Depuis peu d'années que l'on s'en occupe sérieusement, on a apporté plusieurs perfectionnemens importans aux machines locomotives. Le mode de communication par canaux n'offre pas les mêmes espérances. Il est resté à peu près stationnaire, depuis le jour où il a commencé à se répandre. De nombreux essais que l'on a faits pour mouvoir les bateaux par la vapeur sur les canaux ordinaires ont été infructueux (2).

Quelques ingénieurs prétendent que les chemins de fer ne

---

(1) De ce nombre est le coke pour les hauts-fourneaux.

(2) M. Mallet, ingénieur en chef des ponts et chaussées, dans un article traduit de l'anglais (*journal du Génie civil*, 8e livre, p. 374), parle cependant de nouvelles expériences, faites récemment sur l'application du halage par la vapeur à la navigation intérieure, qui paraissent avoir eu quelque succès.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sauraient être supérieurs aux canaux que lorsqu'ils ont peu de longueur. Nous ne concevons en aucune manière sur quoi peut se fonder une pareille opinion, nous serions plutôt portés à adopter un avis opposé. Que l'on suppose les deux points entre lesquels on veut établir une communication, très-éloignés l'un de l'autre, ne voit-on pas que, plus la distance est grande, plus il y a de chance de rencontrer un de ces obstacles qui s'opposent au passage d'un canal, une de ces grandes pentes que le cours d'eau doit tourner, mais que le chemin de fer traversera, un de ces terrains tendres ou poreux dans lesquels on évite difficilement des filtrations? on a dit que les chemins de fer en Angleterre étaient généralement courts. Il est vrai que dans ce pays, pendant long-temps on n'a employé les *railways* que dans le voisinage des usines pour le service de quelques-uns de ces établissemens, afin de communiquer plus aisément avec la mine et le canal, la rivière ou la mer. Si aujourd'hui, devenus voies de grande circulation, les nouveaux chemins de fer ne s'étendent pas à de grandes distances, c'est que les villes manufacturières et commerçantes sont en Angleterre fort rapprochées les unes des autres (1). En Allemagne, au contraire, la route à ornières de Bohême, et en France, les routes en fer de Lyon à Saint-Etienne et de Roanne à Andrezieux, parcourent des lignes assez longues. Nous pourrions multiplier les argumens pour soutenir notre thèse; mais ce n'est pas ici le lieu de la discuter plus en détail.

D'un autre côté, les partisans exclusifs des chemins de fer ont fait remarquer en faveur de ceux-ci, que, pendant ces dernières années, le parlement n'avait rendu presque aucun acte pour la création de nouveaux canaux, et avait accordé

---

(1) Un ingénieur qui revient d'Angleterre nous annonce que l'on s'est décidé dernièrement à établir le chemin de fer de Newcastle à Carlisle sur une très-grande longueur, et plusieurs autres routes à ornières entre des points assez éloignés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de nombreuses concessions de chemins de fer. Que conclure de ce fait cependant? rien absolument, si ce n'est que des canaux existent en Angleterre à peu près partout où il était possible et utile d'en construire, et qu'on s'est avisé, depuis quelques temps seulement, d'établir des chemins de fer sur des lignes où l'on n'avait pas pu faire des canaux.

Chemins de fer et routes ordinaires.

Nous ne comparerons pas ici les chemins de fer aux routes ordinaires, on voit presque de suite quels sont les mérites relatifs de ces deux genres de voie; nous avons d'ailleurs exposé plus haut quel était l'avantage qu'offraient les chemins de fer sous le rapport du frottement, nous nous bornerons seulement à faire observer qu'en Angleterre, la plupart des routes ordinaires sont faites à l'entreprise aussi bien que les routes en fer et les canaux. Ceux-ci présentent par conséquent, dans ce pays, au commerçant un plus grand avantage sur les routes ordinaires qu'en France, où les unes sont faites par le gouvernement et les autres construites par les particuliers. En effet, en Angleterre, le transport par les chemins de fer ou canaux, n'est grévé que de la différence de leur tarif avec celui de la grande route. En France, on paye en plus toute la taxe fixée par ce tarif, puisque d'ailleurs l'impôt pour l'entretien des chaussées pèse également sur celui qui s'en sert et sur celui qui ne s'en sert pas.

Observation.

Nous n'avons pu donner, dans ce paragraphe, qu'une idée sommaire des mérites comparatifs des chemins de fer et des canaux. Nous nous sommes surtout appliqués à juger avec impartialité, car il est d'autant plus important, dans l'examen de pareilles questions, de se préserver de préventions mal fondées, que les moindres erreurs que l'on répand en industrie, tout en nuisant à la confiance que doit inspirer la science, conduisent les spéculateurs à leur ruine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TRAITÉ

DES ROUES HYDRAULIQUES ET DES ROUES A VENT,

A la portée des personnes qui connaissent les premiers élémens des mathématiques;

PAR L. M. COSTE (1).

Cet ouvrage présente dans un mince volume tout ce que l'on peut dire sur les roues hydrauliques, dans leurs différens modes d'agir. L'auteur s'est appliqué à faire voir contrairement à l'opinion reçue que la même équation convenait au cas des roues à aubes mues dans un coursier et au cas des roues à aubes mues dans un courant indéfini; que les turbines et les ailes des moulins à vent se comportaient comme les roues à aubes et étaient soumises aux mêmes équations. Nous n'entrerons point ici dans la discussion à laquelle les opinions de M. Coste ont donné lieu; nous ne nous enquerrons point s'il est permis de confondre une force de choc avec une force de pression, si le frottement est proportionnel à la simple vitesse ou au carré de la vitesse; ce qu'il nous importe d'obtenir, à nous autres hommes de pratique, ce sont des relations commodes qui nous conduisent à des résultats suffisamment approchés pour nos besoins, c'est-à-dire, à peu près d'accord avec l'expérience; c'est à ce titre que nous présenterons à nos lecteurs l'extrait suivant de l'ouvrage de M. Coste. L'auteur parvient à cette équation générale des roues à aubes qui représente leur effet *maximum*.

$$P\,u = \frac{a\,b\,c}{g}\,V\,(V-v)\,v\,,$$

équation dans laquelle

P est le poids qu'on peut supposer être soulevé par la machine;

(1) Un vol. in-8°. Prix : 3 fr. 50 c. Paris. Anselme, rue Dauphine, n. 9.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

u la vitesse par seconde dont ce poids est animé;

a l'ouverture de la vanne;
b sa largeur;
c le coefficient de la contraction ;
} Si la roue se meut dans un coursier.

a la hauteur de l'aube ou la partie d'aube immergée;
b sa largeur;
$c = 1$;
} Si la roue se meut dans un courant indéfini.

g = la gravité ;
V la vitesse du fluide ;
v la vitesse de la roue.

Dans la pratique, les roues hydrauliques n'atteignent jamais cette valeur, et pour l'employer plus sûrement, au moyen du frein de M. de Prony ou de tout autre appareil, il est nécessaire de s'assurer dans quel rapport la roue qu'on a à sa disposition se trouve au-dessous de la vérité. Cette formule s'accorde d'une manière très remarquable avec les règles générales que Smeaton avait déduites *de la seule expérience ;* en effet:

Si l'on regarde V et v comme constans et que l'on ne laisse varier que la quantité $a\ b\ c$, la force transmise à la roue est proportionnelle à la quantité d'eau dépensée; conséquence qui revient à la première règle de Smeaton, qu'on exprime souvent ainsi. *Dans le cas du maximum d'effet, la charge virtuelle ou effective étant la même, l'effet est à peu près comme la quantité d'eau dépensée.*

Si l'on fait $\frac{a\,b\,c\,V}{g} = D$, quantité constante, et $\frac{V}{v} = r$, autre quantité constante, la formule devient

$$P\,u = D\,(r-1)\,v^2\ ,$$

ce qui montre que quand la dépense d'eau faite par la vanne sera constante, aussi bien que le rapport de la vitesse du fluide à celui de la roue, la force utilisée par la roue sera proportionnelle au carré de la vitesse de cette roue, ce qui est la troisième règle de Smeaton, conçue en ces termes : *La dépense d'eau étant la même, l'effet est à peu près comme le carre de*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la vitesse ; comme d'ailleurs : $H = \frac{V^2}{2g}$ on a la deuxième règle de Smeaton : *La dépense étant la même, l'effet est à peu près comme la hauteur de la charge virtuelle ou effective.*

Si, en conservant $V = r v$, on fait $\frac{a b c v}{g}$ constant ou égal à D', l'équation de la roue à aubes prendra la forme

$$P u = D' (V - v) V,$$

et en substituant la valeur de v, on trouvera

$$P u = D' \left(\frac{r - 1}{r} \right) V^2 ;$$

c'est à dire que quand la vitesse de la roue et du fluide resteront dans un rapport constant, et que l'on conservera le produit de l'ouverture de la vanne par la vitesse de la roue constant, la force utilisée croîtra comme le carré des vitesses de la roue ou du fluide.

Si, dans l'équation générale

$$P u = \frac{a b c V}{g} (V - v) v,$$

on substitue à V sa valeur $r v$, on obtient

$$v = \sqrt[3]{\frac{P u g}{a b c (r - 1) r}},$$

et

$$V = \sqrt[3]{\frac{P u g r^2}{a b c (r - 1)}}$$

Ce qui indique que, *quand le rapport de la vitesse de la roue à la vitesse du fluide sera constant, les vitesses de la roue et du fluide croîtront comme les racines cubiques des forces utilisées, pourvu que l'ouverture de la vanne reste aussi constante ;* ce qui est la quatrième et dernière règle de Smeaton, pour les roues à aubes mues par l'eau, et sa troisième règle pour les moulins à vent.

En ayant égard au frottement qui, ainsi que l'auteur l'a

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

établi dans son *Etude sur les Machines* (1), consomme une force proportionnelle au *carré* de la vitesse, et non une force proportionnelle à la simple vitesse, comme on le croyait, il obtient, en désignant par P le *maximum* de force utilisée pour le travail et par f le coefficient du frottement, l'équation suivante :

$$P = \frac{K^2 V^4}{4 (KV + f)}$$

dans laquelle K désigne la quantité $\frac{a\,b\,c}{g}$

Comme la force dépensée par le fluide est

$$\frac{K V^3}{2}$$

le rapport de la force utilisée par le travail à celui dépensé par le moteur, sera donné par

$$\frac{K V}{2 (K V + f)}.$$

On remarquera facilement qu'en faisant $f = o$ dans cette dernière expression, on retombe sur celles que l'on a déjà données lorsqu'on suppose le frottement anéanti.

Pour avoir f, on fait mouvoir la machine à vide, de manière que l'uniformité du mouvement ne soit occasionnée que par les frottemens; si, dans ce cas, la vitesse du fluide et celle de la roue hydraulique sont désignées par V et v, l'équation

$$\frac{a\,b\,c}{g} V (V - v) v$$

donnera la force F utilisée par le récepteur; et en divisant cette force par le carré de la vitesse v, on aura le coefficient du frottement f; en divisant le poids de la quantité d'eau dépensée par ce même poids augmenté du coefficient f, on

(1) 1 vol. in-4°. 1828. Paris. Anselin, rue Dauphine, n. 9. Prix : 9 fr.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aura un quotient dont la moitié donnera le rapport de la force utilisée par le travail, parce que la quantité K V n'est rien autre chose que $\frac{a\,b\,c}{g}$ V, ou le poids de la quantité d'eau dépensée dans un temps déterminé. Si la roue, au lieu d'utiliser la moitié de la force dépensée, n'utilisait que la quantité q, il faudrait calculer la quantité f, en multipliant F par q^2, et ensuite pour avoir la moitié du quotient mentionné ci-dessus, il faudrait simplement le multiplier par q.

Si l'on avait une roue hydraulique verticale, et qu'au lieu de lui donner des aubes planes ordinaires, on lui fît des aubes courbes telles que l'eau entrât, à peu de choses près, tangentiellement à l'aube, il n'y aura pas de changement brusque lors de l'entrée de l'eau dans la roue, et l'excès de la vitesse de l'eau sur la vitesse de la roue sera employé à faire glisser l'eau le long de l'aube, et à la faire élever à une hauteur sensiblement égale à celle due à la grandeur de cet excès; par conséquent, si le seuil ou ressaut du coursier est tellement placé que le bord inférieur de l'aube y soit arrivé précisément au moment où l'eau parvient à sa plus grande élévation, l'eau redescendra le long de la courbe, et communiquera à l'aube, par sa pression, une force égale à celle qu'elle conservait après sa première impulsion sur la roue.

Ainsi, les roues à aubes de cette espèce devront acquérir théoriquement une force double de celle des roues ordinaires à aubes planes, et la formule qui représente leur mouvement sera la même que celle des autres roues à aubes verticales; il suffira seulement d'y doubler le coefficient constant.

Quant à la hauteur de l'aube, si la roue doit faire mouvoir une machine sans frottement, pour que la force utilisée par le récepteur soit un *maximum*, il faudra que la vitesse de la roue soit égale à la moitié de la vitesse du courant, et par conséquent, pour utiliser la plus grande quantité de force motrice, il faudra faire la hauteur de l'aube, suivant la verticale, égale au quart de la chute totale de l'eau motrice.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Si la machine éprouvait un frottement assez sensible, pour avoir le *maximum* d'effet utilisé par le travail, il faudrait que la vitesse de la roue fût inférieure à la moitié de la vitesse du courant, et prendre la hauteur verticale de l'aube plus grande que le quart de la chute totale de l'eau motrice, ou égale à la hauteur due à la différence de vitesse entre la roue et l'eau motrice.

L'auteur pense que l'arête du ressaut doit être située sur la verticale, passant par l'axe de la roue, pour que l'eau ne soit pas retenue quand elle est parvenue au-delà de l'axe, et qu'elle ne fasse pas contrepoids pour ralentir le mouvement. La partie du coursier située en-deça du ressaut doit être circulaire et n'embrasser que deux aubes.

Les expériences en petit et en grand, faites par M. Poncelet, inventeur de ce système, prouvent que ces roues utilisent environ 50 pour o/o de la force motrice, en prenant pour la hauteur de la chute la différence de niveau entre la surface de l'eau et le point inférieur de la roue, et 60 pour o/o en prenant pour la hauteur de la chute la différence de niveau entre la surface de l'eau et le centre du pertuis. D'après les expériences de Smeaton, les roues à aubes n'utilisant que 40 pour o/o de la force motrice, on aura pour les roues à aubes courbes un avantage de moitié en sus : cela ne justifie que trop leur adoption.

Nous remarquerons encore que lorsqu'on voudra faire mouvoir ces roues avec une grande force, et que l'on donnera une grande ouverture de vanne, l'eau motrice ne rencontrera pas partout, pour exercer son action, une disposition aussi favorable que lorsqu'elle sera en petite quantité, et que par conséquent les roues à aubes courbes n'auront pas alors un aussi grand avantage sur les roues à aubes ordinaires.

Nous reviendrons, dans un de nos plus prochains cahiers, sur cet ouvrage de M. Coste, et montrerons, d'après lui, comment la formule générale peut être appliquée aux autres systèmes, et particulièrement aux roues à vent.

T. R.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ECROUISSEMENT DU LAITON.

Il est un grand nombre d'arts qui font usage du laiton rendu plus dense par l'écrouissement. Dans l'imprimerie sur toile, on se sert de cylindres écrouis au marteau et qui acquièrent une grande valeur par le temps qu'on emploie à les écrouir et la difficulté que présente cette opération. Tout le monde connaît la belle machine à écrouir les cylindres d'imprimerie inventés par M. Thicbaut aîné et montée chez lui ; rue du faubourg Saint-Denis. Tout le monde sait aussi que l'introduction de cette machine dans l'industrie a puissamment contribué à améliorer l'art de l'impression sur calicot et surtout a fait diminuer le prix des cylindres auparavant travaillés au marteau à la main.

L'horlogerie fait aussi usage du laiton écroui, mais comme les pièces sont moins volumineuses, on s'est contenté jusqu'ici de faire ce travail à la main. Cependant l'imperfection nécessaire de ce mode de travailler a depuis long-temps fait desirer aux horlogers qu'il fût inventé une machine au moyen de laquelle on pût leur donner des produits d'une densité uniforme, chose qu'on n'obtient qu'avec beaucoup de peine par le travail à la main. Cette machine, fort simple dans sa construction, vient d'être inventée en Angleterre où elle est patentée. L'un des derniers numéros du *Repertory of patents* en contient la description et le dessin. Nous nous contenterons de la première.

L'appareil consiste en un bloc ou tas de fonte qui porte au milieu un trou cylindrique d'un certain diamètre, toujours fort petit en comparaison de celui du tas. Ce trou descend jusqu'à la moitié environ de la hauteur du tas; une deuxième partie de l'appareil consiste en un cylindre d'acier, calibré de manière à entrer dans le trou cylindrique du tas et à le remplir exactement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsqu'on veut écrouir un morceau de laiton, on coupe une rondelle d'un cylindre de cet alliage qu'on a coulé, soit dans le trou cylindrique du tas, soit dans un moule de même calibre. On jette cette rondelle au fond du trou et l'on place par-dessus le cylindre d'acier : un ouvrier, armé d'un fort marteau, commence alors à frapper sur le cylindre d'acier; de temps en temps il donne un coup de marteau sur l'enclume elle-même, et il juge par le son si le travail s'avance, c'est-à-dire si la pièce de laiton s'écrouit. Lorsque le coup frappé sur le cylindre et celui qui l'est sur le tas rendent un son identique, l'ouvrier discontinue son travail ; le métal, ainsi écroui, est, dit-on, d'une densité très-grande et parfaitement identique dans toutes les parties. Nous n'avons pas de peine à le croire puisque le métal soumis à cette opération ne peut céder d'aucun côté et que le cylindre et les parois du tas le compriment de la même quantité à chaque coup de marteau.

H. D.

PIGNON DYNAMOMÉTRIQUE,

PAR M. LABORDE.

Il est inutile d'insister sur l'importance d'un instrument facile à mettre en usage et qui mesurerait avec exactitude la force transmise soit par le moteur même à l'arbre de la machine, soit à toute partie destinée à établir une communication de mouvement : il est vrai que, dans l'état actuel de l'art de la construction des machines, les communications, les transmissions de mouvement s'exécutent au moyen de mécanismes assez perfectionnés pour qu'on ne doive pas s'attendre à obtenir de nouvelles dispositions, élaborées à grands frais, des avantages désormais bien grands. C'est donc particulièrement sur la transmission de la force immédiate du moteur à la machine qu'il faut appeler l'attention. Les mécaniciens doivent s'appliquer à recueillir du moteur toute sa puissance, ou tout au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

moins tout ce qu'on peut raisonnablement s'attendre à en recueillir, et ce perfectionnement sera le plus grand, le plus utile qu'on puisse se flatter d'obtenir.

On possède un grand nombre d'instrumens propres à mesurer l'effort du moteur sur l'arbre de la machine, et le plus connu, celui dont les applications ont été le plus fréquentes, est, sans contredit, le frein de M. de Prony, frein dont il fit usage pour la première fois dans la mesure de la force de la machine du Gros-Caillou, et qui se trouve décrit dans tous les ouvrages sur les machines. On trouve publié dans l'*Industriel*, une modification de ce frein, par M. Barrois de Lille, dont les travaux ont tant de fois enrichi notre recueil. L'instrument est devenu plus commode, plus facile à placer à cause de son obliquité et donne des résultats aussi précis.

Il n'est pas inutile toutefois pour les mécaniciens de pouvoir apprécier exactement la résistance et la pression qui s'exercent sur les différentes communications de mouvement, afin de construire ces différentes parties avec toute la solidité requise, sans être exposés d'une part à les voir se rompre au bout de peu de temps, ou d'une autre, à les rendre pesantes, massives au-delà du besoin et à causer de la sorte une augmentation dans l'effort nécessaire pour vaincre leur inertie. Dans ce cas le frein de Prony est difficilement applicable, et M. *Laborde* mécanicien, dont on connaît les travaux, propose de remplacer tous les dynamomètres déjà connus, par un pignon accouplé à ressort. Cet instrument est facile à manier, il semble donner des appréciations exactes, et sa simplicité le rend préférable à beaucoup d'entre les ingénieux appareils qu'on a proposés. La description de ce dynamomètre par M. Laborde, fera comprendre son utilité et la facilité avec laquelle on peut faire les observations. Contentons-nous d'ajouter qu'il est bien à desirer que les mécaniciens trouvent enfin une mesure exacte de la force de leurs machines et qu'ils se donnent à chaque fois la peine d'essayer eux-mêmes cette force sans se contenter de s'en fier à la capacité des cylindres, aux diamètres des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pièces, etc., toutes choses qui peuvent très bien être identiques dans deux machines, sans que celles-ci aient la même force, ou tout au moins exécutent le même travail. Par là les constructeurs s'épargneraient les désagrémens, les procès même que s'attirent souvent ceux d'entre eux qui négligent les avis ci-dessus.

Description du pignon, des poulies et de l'accouplement dynamométriques, par LABORDE.

Fig. 1. Vue de face de l'appareil.

Fig. 2. Coupe selon l'axe.

Fig. 3. Cercle C vu séparément.

Fig. 4. Crossillon B sur lequel se trouve le ressort G du dynamomètre.

Fig. 5. Vue de l'appareil à poulies monté sur un support particulier et reprenant le mouvement de l'arbre dont on essaie la force au moyen des courroies O, N.

Fig. 6. Coupe de la fig. 5, où l'on voit les poulies sur lesquelles s'enveloppent les courroies.

Fig. 7. Coupe de l'accouplement dynamométrique monté sur deux arbres séparés.

Fig. 8. Elévation de la figure 7.

Nota. Les lettres simples, primes et secondes, indiquent les mêmes pièces dans les trois appareils.

Fig. 1 et 2. A est un pignon ajusté à trou rond, sur le canon du croisillon B, sans y être fixé. Ledit croisillon est fixé sur l'arbre tournant.

C est un cercle dont les trois points *a' b'* C forment un levier de premier genre. *Voy*. fig. 3.

Le point d'appui D est un boulon en acier fixé sur le croisillon. Le cercle levier se meut sur le boulon.

Sur le pignon est placé un autre boulon E, également en acier, qui pousse le point *a'* du cercle levier. Sur ce point du cercle est ajustée une pièce en acier trempé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Au point *c'* du cercle levier est un troisième boulon F, également en acier, qui est destiné à tendre le ressort G.

D'après cette disposition, on conçoit que plus l'effort exercé sur le point *a'*, sera grand, plus le ressort sera tendu. C'est justement cette tension qui fera la mesure de force, en la multipliant par la vitesse et la circonférence que décrit le point *a'*. Mais pour avoir le degré de tension, on remarquera que le cercle levier concentrique en état de repos, s'excentre par le mouvement. Si donc on établit une aiguille H, dont le point *d'* soit constamment appuyé sur le pourtour du cercle, au moyen d'une masse à la branche d'équerre, il est évident que le point *d'* oscillera comme un pendule, et que l'extrémité de l'aiguille décrira un arc assez grand pour voir facilement le degré de tension du ressort G.

Si, au lieu de mettre la masse sur une branche d'équerre, on la place sur le prolongement de l'aiguille fig. 8, de sorte qu'elle vienne contrebalancer son poids, et si sur son tourillon on établit un ressort à pompe qui peut être fait d'un petit fil de fer roulé, l'aiguille restera à la hauteur où le cercle l'aura poussée.

On remarquera que, d'après le rapport des deux bras de levier, *a' b'* et *b' c'*, le ressort n'a besoin que du quart de la force qu'il lui faudrait, si le pignon exerçait son action directement dessus. Le plus difficile de la construction consiste à faire ce ressort qui doit être composé de plusieurs feuilles, les unes dans les autres, à la manière des ressorts de voiture.

I sont des brides pour maintenir ledit ressort contre le croisillon, sans le serrer pour ne pas nuire à son élasticité. K sont deux boulons fixés au cercle levier, l'un pour arrêter le mouvement dudit cercle au point de plus haute tension du ressort; l'autre pour annuler l'effet rétrograde qui, s'il avait lieu, pourrait nuire à la machine, peut-être même la briser.

Comme on pourrait craindre qu'une tension continuelle n'affaiblît la bande du ressort, on pourra placer le boulon L, après les expériences, qui agira sur la branche du croisillon, et en cet

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

état, le ressort se tiendra détendu, et le cercle levier se maintiendra en position concentrique.

Application.

Soit qu'on veuille établir un pignon dynamométrique, pour mesurer la force, depuis o jusqu'à 20 unités dynamiques. (Chevaux.)

Nous devons naturellement, avant tout, déterminer la force de la dent du pignon, ce premier point devant servir de gouverne pour déterminer la force des autres pièces.

Soit donc un arbre tournant à 50 tours par minute, qui doit recevoir et transmettre la force d'un moteur de 20 unités. Soit aussi 30 pouces de diamètre au pignon dont il sera porteur. Quelle devra être la force de la dent?

Telle est la première question qui se présente, et qui sera résolue par la règle suivante.

L'expérience a prouvé qu'un pignon en fonte, de première fusion, qu'on ne sait pas être de la première ténacité, ayant 36 pouces de diamètre tournant, à 12 tours par minute, et transmettant une force de 24 unités résiste, sans danger de rupture, quand la dent a 20 lignes de force, et 6 pouces de hauteur, ou épaisseur de pignon; la section est donc de 1440 lignes carrées. Ce fait a été vérifié dans les établissemens les mieux montés, afin d'avoir une base certaine.

Soit donc :

f' = 1,440 lignes carrées; section du pignon connu.
p' = 24 unités dynamiques.
d' = 36 pouces de diamètre de pignon connu.
v' = 12 tours par minute.

Soit aussi :

f'' = La force de la dent que nous cherchons.
p'' = 20 unités, puissance à transmettre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

$d'' =$ 30 pouces diamètre que nous sommes convenus de donner.

$v'' =$ 50 tours par minute, vitesse convenue.

Nous remarquerons :

1° Que si les diamètres et la vitesse étaient les mêmes, les forces de dent devraient être en raison directe des puissances ;

2° Que si les diamètres changeaient, les vitesses restant les mêmes, les forces relatives seraient en raison directe des puissances multipliées par la raison inverse des diamètres ;

3° Enfin, que si les vitesses changent aussi, les forces seront entre elles comme la raison directe des puissances multipliées, par la raison inverse des diamètres, et par la raison inverse des vitesses, ce qui donnera la proportion suivante :

$$f' : f'' :: p' d'' v'' : p'' d' v',$$

$$\text{ou } f' v' d' p'' = f'' v'' d'' p',$$

$$\text{ou enfin } f'' = \frac{f' v' d' p''}{v'' d'' p'},$$

formule générale, d'après laquelle on trouvera, en effectuant l'opération arithmétique $f' = 346$ lignes carrées, et pour avoir la dent semblable à celle prise pour base, on dira :

$f' : f''$: : 400 carré de 20 : au quatrième terme dont la racine carrée sera approchant 10 lignes ; d'où l'on peut conclure que le pignon sera suffisamment fort avec 34 lignes 6 dixièmes d'épaisseur, et 10 lignes de plein de denture.

Le pignon étant établi, le second point à déterminer est la force du ressort.

Le pignon ayant 30 pouces, le point a' décrira une circonférence de 28 pouces ou 2 mètres, 216 ; la vitesse, avons-nous dit plus haut, doit être de 50 tours par minute, et la puissance 20 unités.

Prenant donc pour base un diamètre transmettant une unité, avec les données suivantes :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A = un mètre de circonférence que décrirait le point de pression a'.

B = 80 kilogrammes, pression exercée sur ledit point a'.

C = 60 tours par minute.

Soit aussi.

D = 2 mètres 216, circonférence que décrira le point a', dans le dynamomètre à construire.

E pression que nous cherchons.

F 50 tours par minute que nous voulons donner à l'arbre tournant.

Il est évident que A × C qui donne 60 mètres de vitesse, exigeant 80 kilogrammes pour correspondre à une unité, nous aurons la pression qu'une unité exercerait sur le point a' du dynamomètre à construire, par la proportion suivante

$$D \times F : A \times C :: B : \frac{ABC}{DF} = 43 \text{ kil. } 311.$$

Mais il s'agit de 20 unités; donc la valeur de E sera 20 fois 43 kil. 311, ou 866 kil. 22. Mais les bras du levier a' b' c', sont dans le rapport de 1 à 4, donc il suffira que le ressort porte à sa plus forte tension, le quart de la valeur de E, c'est-à-dire 216 kil. 555.

Le ressort étant établi, et la division qui doit indiquer la pression étant tracée, on reconnaîtra les diverses forces dynamiques transmises, en comptant le nombre de tours par minute, les multipliant par la pression indiquée par l'aiguille, et multipliant ce produit par D. Divisant ensuite ce nouveau produit par ABC, le quotient sera le nombre d'unités que transmettra le dynamomètre. En effet, ABC : 1 unité : : DEF : $\frac{1DEF}{ABC}$.

Le même raisonnement s'applique à la poulie et à l'accouplement représentés sur la même planche, fig. 5 et 6, 7 et 8.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

RAPPORT

Fait en conseil d'administration par les gérans du chemin de fer de Saint-Étienne, à Lyon, sur l'état et la marche des travaux, au 20 octobre 1829.

Le rapport que nous avons sous les yeux présente les renseignemens les plus détaillés sur les travaux exécutés et ceux qui restaient à faire en octobre 1829. A cette époque, une somme de 6,955,966 fr. 55 c. avait été dépensée; 2,964,186 fr. 25 c. étaient encore jugés nécessaires pour l'entière terminaison du chemin. On voit que la dépense totale de 9,799,247 francs se trouve renfermée dans les limites de dix millions primitivement demandés. Le service des intérêts exigera seul un surcroît de dépense qui paraîtra bien faible si l'on considère les difficultés qu'on avait à vaincre, et le grand nombre d'ouvrages d'art qu'il a fallu construire. En effet, 14 percemens, formant une étendue de 4,000 mètres, ont coûté plus de 1,800,000 fr. Un pont sur la Saône estimé plus de 700,000 fr.; des acquisitions de terrains qui ne sont pas encore terminées, s'élevant à la somme énorme de 1,750,000 fr.; d'autres frais très-importans qu'il avait été impossible de prévoir, expliquent et justifient parfaitement l'emploi du capital consommé. L'habileté qui a présidé partout à la construction de chemin ressortira bien davantage si on lui compare la route en fer actuellement en construction entre Manchester et Liverpool, de 50 kilomètres seulement de longueur, et qui ne coûtera pas moins de 25 millions de francs.

EMPLOI

DE L'AIR CHAUD DANS LES HAUTS FOURNEAUX.

L'avantage de l'emploi de l'air échauffé pour l'alimentation

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des hauts fourneaux semble n'être plus hypothétique. En Angleterre, on l'a, dit-on, mis en pratique dans un grand nombre d'usines, entre autres, à celles qu'on nomme *the Clyde-Iron Works*, et partout on a obtenu des résultats avantageux. On économise un quart du combustible nécessaire à la réduction du minerai, lorsqu'on se sert pour l'alimentation d'air à la température ordinaire. On calcule que ce nouveau mode procurera à l'Angleterre une économie de 200,000 livres sterling, 50 millions de francs, sur la fabrication annuelle de la fonte. Il ne faut pourtant pas ajouter une foi implicite à ces calculs faits à l'avance.

L'air est amené à la température de 104 degrés centigrades, dans des cylindres en fonte. On croit qu'une plus grande élévation de température produirait des résultats encore plus avantageux.

Ce procédé a été introduit dès l'année dernière dans les usines de M. de Cazes, par M. Taylor; il faisait passer l'air dans un espace annulaire compris entre deux cylindres dont le plus grand était chauffé directement par la flamme, à l'extérieur, et le plus petit par la fumée qui y passait pour se rendre à la cheminée.

Les articulations qui remplaçaient les clapets de cuir des buses, devenues impossibles à cause de la température élevée, étaient fort ingénieuses. Nous n'avons pas de renseignemens sur les résultats qu'on a obtenus par ce procédé, dont peut-être on a retardé la mise à exécution jusqu'à présent.

CHAUDIÈRE A DÉFÉQUER,

DE M. A. LÉON.

Légende explicative d'une chaudière à vapeur pour déféquer les jus de cannes à sucre ou de betteraves.

Planche XIV, figures 7 et 8, coupe et plan d'une chaudière

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cylindrique, composée de la hausse circulaire A et des fonds B et C, cintrés en sens inverse, et rapprochés au moyen des boulons boutrollés à écrous D.

E, douille à collet pour recevoir la bride du robinet d'admission de la vapeur dans le double fond.

F, douille d'un robinet à air destiné à purger le double fond au moment où on y fait arriver la vapeur, et à fournir de l'eau bouillante pour éteindre la chaux employée à la défécation.

G, tubulure ayant deux orifices H, par où s'échappe l'eau de condensation; les deux collets *gg* tiennent l'écartement des deux fonds B et C.

I, douille du robinet pour soutirer le liquide dépuré.

J, douille du robinet d'où l'on retire le dépôt de la défécation.

K, quatre petites colonnes en fonte servant de support à la chaudière; elles sont traversées par des boulons attachés par des écrous aux solives du planchet de l'usine.

ANNONCES.

Choix de modèles appliqués à l'enseignement du dessin des machines, avec un texte descriptif. Ouvrage adopté par le Conservatoire royal des Arts et Métiers, par l'École centrale des Arts et Manufactures, etc. Dessiné, gravé et publié par Le Blanc, membre de la Légion-d'Honneur, professeur au Conservatoire royal des Arts et Métiers, membre de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, de la Société industrielle de Mulhausen, etc.

Il existe sur la science des machines un grand nombre d'excellens traités, mais on désirait encore un ouvrage qui fût spécialement consacré à la représentation de ces précieux agens qui donnent la vie aux ateliers industriels.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On désirait qu'un tel ouvrage fût exécuté sur une échelle assez grande pour que les planches pussent servir de modèles à l'enseignement du dessin. On désirait enfin que ce même ouvrage donnât aux élèves des notions exactes sur la construction des principaux organes. C'est dans l'espoir de remplir une lacune préjudiciable aux progrès de l'industrie que l'auteur a entrepris ce travail, se proposant de faciliter la représentation des machines, de populariser, pour ainsi dire, l'intelligence de leurs fonctions et du jeu de leurs différentes parties, et d'offrir aux personnes qui se livrent à ce genre d'étude des moyens sûrs et prompts non-seulement de dessiner avec une entière correction des machines déjà exécutées, mais aussi de tracer à l'avance des épures pour la construction de toutes sortes de combinaisons ou d'appareils qui ne seraient encore qu'en projet.

Pour atteindre ce but, il a cru devoir présenter d'abord, comme exercices préparatoires, un certain nombre de problèmes de géométrie dont la solution graphique est indispensable dans ce genre de dessin. Il a fait suivre ces préliminaires par des exemples de projections et de pénétrations de divers solides, en ayant soin d'élaguer tout ce qui n'a point d'application immédiate au dessin des machines. Il s'est attaché à dessiner séparément des organes de machines, après les avoir choisis de manière à faire comprendre leurs mouvemens par le tracé de simples lignes d'axe, et leurs formes par de nombreux détails convenablement coordonnés entre eux; c'était le seul moyen de parvenir à représenter complètement des ensembles comprenant tous ces organes. Il s'est étendu sur le tracé des engrenages, parce qu'ils forment une partie essentielle de la mécanique. Il a aussi cherché à faire connaître la méthode de lever le plan d'une machine et d'en tracer les élévations et les coupes d'après les croquis cotés; il a également consacré quelques planches à faire voir les dispositions qui sont nécessaires dans la pose d'une grande machine. Enfin, après avoir exposé les principales études d'ombres qu'il a appliquées aux objets qui se présentent le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plus habituellement dans les machines, il a terminé par plusieurs dessins lavés et coloriés représentant divers ensembles.

Cet ouvrage, composant environ 60 planches, est divisé en trois parties; la première est en vente, la seconde est sous presse.

Prix de chaque partie : 12 fr. On peut se procurer des atlas séparément. A Paris, chez l'auteur, rue des Fossés-du-Temple, n. 4, et au Conservatoire, rue Saint-Martin. Chez Malher et Compagnie, libraires de l'école centrale, passage Dauphine.

Principes d'organisation industrielle pour le développement des richesses en France. — Explication du malaise des classes productives, et des moyens d'y porter remède; par J.-J. Fazy. Chez Malher et compagnie, rue Dauphine, passage Dauphine; et à la librairie de l'industrie, rue Saint-Marc-Feydeau, n. 10.

Nous recommandons cet ouvrage à nos lecteurs; il offre une consolation aux industriels qui ont vu échouer l'application de nouveaux procédés d'une utilité patente. L'auteur s'efforce à démontrer que les récentes crises commerciales tiennent bien plus aux contradictions de nos lois et de nos usages qu'aux exagérations de l'industrie, ainsi que l'ont prétendu les adversaires de toute civilisation progressive.

Nous reviendrons sur cette publication, qui nous semble d'un haut intérêt dans les circonstances actuelles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU *des quantités de travail dynamique nécessaires pour produire divers effets utiles; ces quantités étant mesurées comme il est indiqué dans la deuxième colonne.* (Suite du N° de décembre 1829.)

NATURE ET QUANTITÉ des effets à produire.	SUR quelle partie DE LA MACHINE on évalue le travail moteur, ou le travail résistant.	TRAVAIL DYNAMIQUE, exprimé en dynamodes, ou 1000 kil. élevés ou descendus de 1m,00.	INDICATIONS des observations ou DES AUTEURS qui ont cité les résultats. — *Remarques particulières.*
Fabrication du tan.			
100 kilogrammes de tan à produire en broyant l'écorce à l'aide d'une machine.	Travail résistant sur l'arbre de la première roue motrice.	466 d.	Résultat donné par Clément.
Fabrication du papier.			
100 kilogramm. de vieux cordages à réduire en pâte par la trituration, à l'aide de pilons mus par une machine à vapeur.	Travail résistant sur l'arbre du volant.	5700 d.	Suivant Tredgold, ce résultat est déduit du produit connu de la machine à vapeur employée.
Filatures de coton.			
Pour filer un kilogramm. de fil du n. 40, c'est-à-dire deux livres métriques de chacune 40,000 mètres, et pour exécuter toutes les préparations nécessaires, en filant avec les mull-jenny, prenant les vitesses les plus ordinaires.	Travail résistant sur l'arbre du volant de la machine à vapeur.	204 d.	Observation de M. Clément et de M. Benoît. La quantité de travail dynamique est assez variable suivant les circonstances: celle qui est portée ici suppose qu'il faut un cheval de machine pour faire marcher 600 broches mull-jenny avec les machines préparatoires.
D'après une autre observation, faite en 1822, il faudrait pour filer un kilogramme du n. 30, y compris toutes les préparations.	*Idem.*	290 d.	Observation faite à Rouen par M. Mallet.
Pour filer un kilog. du n. 40, avec les broches continues, y compris toutes les préparations.	*Idem.*	48 d.	Estimation de M. Clément: elle suppose qu'un cheval de machine fasse marcher 300 broches continues, et les préparatoires.
Idem, d'après une autre observation faite en 1822.	*Idem.*	450 d.	Observation de M. Mallet.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NATURE ET QUANTITÉ des effets à produire.	SUR quelle partie DE LA MACHINE on évalue le travail moteur ou le travail résistant.	TRAVAIL DYNAMIQUE exprimé en dynamodes, ou 1000 kil. élevés ou descendus de 1m,30.	INDICATIONS des observations ou DES AUTEURS qui ont cité les résultats. — *Remarques particulières.*
Pour préparer un kilogramme de coton au batteur-épurcheur.	Travail résistant sur l'arbre du volant de la mac. à vapeur.	6d.37	Observation de M. Mallet.
Pour préparer un kilogramme au batteur-étaleur.	*Idem.*	9d.60	*Idem.*
Pour passer un kilogr. aux cardes, laminoire et boudinerie, et pour carder deux fois.	*Idem.*	96d.00	*Idem.* Cette consommation de travail, relative au cardage, peut être beaucoup moindre; on a porté ici le maximum.
Pour préparer un kilog. aux métiers d'apprêts ou aux broches-bellys.	*Idem.*	19d.15	Observation de M. Mallet.
Pour filer seulement un kilogramme de fil n. 30 avec les mull jennys, faisant 3600 tours par minute, sans les préparations. Ce kilogramme, pour ce numéro est le produit de 30 à 32 broches, travaillant pendant 14 heures.	*Idem.*	159d.	*Idem.*
Pour filer le n. 24 aux broches continues seulement sans les préparations, les broches faisant 2400 tours par minute. Ce kilogramme, pour ce numéro, est le produit de 15 broches, travaillant 14 heures.	*Idem.*	31	*Idem.*
Nota. Tous ces résultats sur les filatures sont déduits d'observations faites il y a quelques années. On a introduit depuis dans les machines des modifications qui doivent faire varier les consommations de travail dynamique. On n'a pu présenter ici que des résultats approximatifs, destinés plutôt à donner une idée des consommations de travail, qu'à servir de base à des calculs aussi exacts qu'il serait possible.			

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NATURE ET QUANTITÉS des effets à produire.	SUR quelle partie DE LA MACHINE on évalue le travail moteur, ou le travail résistant.	TRAVAIL DYNAMIQUE exprimé en dynamodes, ou 1000 kil. élevés ou descendus de 1m,00.	INDICATIONS des observations ou DES AUTEURS qui ont cité les resultats. — *Remarques particulières.*
Filature de la laine.			
Pour ouvrir et pour carder seulement la laine nécessaire à la fabrication d'un kilogr. de fil d'un numéro moyen, entre 26 et 30 (le numéro indique ici le nombre d'écheveaux de 780 mètres dans un kilogramme), le moteur étant une machine à vapeur.	Travail résistant sur l'arbre du volant de la machine à vapeur.	350 d.	Résultat donné par M. Benoît.
Pour filer un kilogram. de fil trame, d'un numéro moyen entre 22 et 30, ce kilogram. étant le produit de 13 broches mull-jenny.	Travail résistant sur la première roue motrice des mull-jenny.	17 d.	Ce résultat donné par M. Benoit est déduit de la supposition qu'un homme à une manivelle produit dans la journée 160 dynamodes, et fait marcher 120 broches.
Pour filer un kilogramme de fil chaîne d'un numéro moyen entre 22 et 30, ce kilogramme étant le produit de 17 broches mull-jenny.	*Idem.*	23 d.	Déduit de la même manière de la supposition qu'un homme fait marcher également 120 broches.
Tir des projectiles.			
Pour lancer une balle pesant 0,kil. 0247, avec la vitesse ordinaire de 390 m. par seconde.	Travail moteur sur le projectile.	0 d. 192	La consommation de poudre est de 0 kil. 0123.
Pour lancer un boulet pesant 6 kilogrammes avec la vitesse ordinaire de 417 mètres par seconde.	*Idem.*	53 d.	La consommation de poudre est de 2 kilogr.
Pour lancer un boulet pesant 12 kilogram. avec la vitesse maximum de 519 mètres par seconde.	*Idem.*	164 d.	La consommation de poudre est de 6 kilogr.
Laminage du fer en barres.			
Pour fabriquer 100 kilogrammes de barres de 0,03 à 0,04 de grosseur en carré, en laminant la fonte rouge sortant du fourneau d'affinerie.	Travail résistant sur l'arbre de la roue motrice des laminoirs.	984 d.	Résultat donné par M. Clément.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NATURE ET QUANTITÉ des effets à produire.	SUR quelle partie DE LA MACHINE on évalue le travail moteur ou le travail résistant.	TRAVAIL DYNAMIQUE exprimé en dynamodes, ou 1000 kil. élevés ou descendus de 1m.00.	INDICATIONS des observations ou DES AUTEURS qui ont cité les résultats. — *Remarques particulières.*
Jeu des machines soufflantes à piston, pour les hauts-fourneaux.			
Pour produire 3000 kilogrammes de fonte par jour dans un haut-fourneau, en chassant l'air par un orifice circulaire de 0,05 de diamètre, avec une conduite de 120 mètres de long, et de 0,15 de diamètre, la dépense d'air étant au minimum d'environ 15 mètres par minute.	Travail résistant sur le piston, non compris les frottemens.	0 d. 446	Résultat déduit des observations de M. d'Aubuisson. Suivant cet ingénieur, le travail d'une chute d'eau motrice doit être environ quatre fois celui qui est porté ici.
Pour chasser l'air suffisant pour produire 8000 kilogrammes de fonte par jour, dans un haut fourneau au coke. *Nota.* Le travail consommé varie comme le cube du volume d'air à chasser par seconde, y compris les pertes, et à peu près en raison inverse de la 4ⁿ puissance du diamètre de l'orifice de sortie.	Travail résistant sur l'arbre du volant d'une machine à vapeur.	2 d.60 par seconde.	Résultat donné par M. Clément.
Pour entretenir un feu d'affinerie, en chassant 4 mètres d'air par minute; avec une vitesee de 80 mètres par seconde, les frottemens dans les tuyaux pouvant être négligés.	Travail résistant sur le piston, non compris les frottemens de toute espèce et les pertes d'air.	0 d.028 par seconde.	Résultat théorique déduit des dépenses d'air données par M. d'Aubuisson. Suivant cet ingénieur, le travail dû à une chute d'eau motrice, devrait être environ quatre fois celui qui est porté ici.
Pour entretenir un feu martiniteur, étireur et corroyeur, en chassant moyennement 2,66 mètres cubes par minute, avec une vitesse de 62 mètres, les frottemens dans les tuyaux pouvant être négligés.	*Idem.*	0 d. 011 par seconde.	*Idem.*

Imprimerie de Selligue, rue des Jeûneurs, n. 14.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

N° 6 (8e VOLUME.) Avril 1830.

L'INDUSTRIEL,

JOURNAL

PRINCIPALEMENT DESTINÉ A RÉPANDRE LES CONNAISSANCES UTILES A L'INDUSTRIE GÉNÉRALE, AINSI QUE LES DÉCOUVERTES ET LES PERFECTIONNEMENS DONT ELLE EST JOURNELLEMENT L'OBJET.

QUELQUES OBSERVATIONS

SUR LA FABRICATION DU SUCRE DE BETTERAVES (1),

PAR M. DE BEAUJEU.

La fabrication du sucre de betteraves commence à avoir en France une assez grande importance, ainsi qu'il est facile de s'en assurer en prenant connaissance des diverses fabriques qui existent déjà depuis quelque temps, et dont nous voyons le nombre s'accroître tous les jours. Il est maintenant oiseux de s'occuper de savoir si le sucre de betteraves peut remplacer le sucre de cannes, s'il lui est identique, s'il est plus ou moins sain; enfin, si l'on peut le fabriquer avec espoir de bénéfice.

(1). Ce Mémoire a été lu à l'Académie des Sciences, le 13 mars 1826, par M. de Beaujeu, membre correspondant du conseil supérieur d'agriculture.

A la suite d'un rapport favorable fait à la séance du lundi 8 décembre 1828, par une commission composée de MM. Tessier, Sylvestre et Thénard, ce Mémoire a obtenu l'approbation de l'Académie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les procédés de son extraction sont généralement connus ; ils ont été décrits et publiés successivement par plusieurs personnes qui en avaient fait une étude spéciale, soit comme théoriciens, en cherchant par des expériences à les améliorer, soit par les fabricans eux-mêmes, qui en ont fait l'objet d'une spéculation.

Dans un genre d'industrie encore nouveau, chaque fabricant doit facilement s'apercevoir de l'imperfection des procédés, et doit naturellement s'occuper des moyens d'amélioration. Fabricant moi-même le sucre de betteraves depuis 1815, j'ai pensé que, dans un moment où beaucoup de nouvelles fabriques cherchent à s'établir, il pouvait être avantageux de faire connaître les résultats que j'ai pu obtenir, et en quoi ils peuvent différer de ceux qu'ont obtenus les autres fabricans.

Il y a deux manières de considérer la fabrication du sucre indigène, soit comme manufacture simple, soit comme annexe d'une exploitation rurale. La première a été particulièrement préconisée par M. Mathieu de Dombasle ; M. Dubrunfaut, dans son traité, paraît également lui accorder la préférence. M. le comte Chaptal et d'autres manufacturiers recommandent, au contraire, les manufactures dépendantes d'un établissement agricole. Je pense que l'une ou l'autre de ces manières peut être employée avec avantage ; mais je crois que, dans l'état actuel de la fabrication, la seconde doit avoir la préférence.

La matière première d'une sucrerie de betteraves n'est point un objet susceptible d'entrer dans le commerce, c'est un produit qui doit être obtenu sur les lieux mêmes de la fabrication, le transport et la conservation en étant assez difficiles. Ce serait donc un grand inconvénient pour une fabrique, si elle se trouvait à la merci du cultivateur vendant une denrée qui n'a pas de cours établi, pouvant à son gré la conserver pour sa consommation, et pouvant également en abandonner la culture. Lorsque, par la suite, un assez grand nombre de sucreries établies dans un même pays aurait assuré un grand débit de betteraves ; lorsque, par conséquent, les cultivateurs auraient pris généralement l'usage de cultiver cette racine d'une manière ré-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

glée, alors la question pourrait changer de face ; mais, jusques-là, il est plus prudent, plus certain, et je crois plus profitable, de n'établir de sucrerie que sur une exploitation capable de lui fournir la matière première.

Dans la position particulière où je me suis trouvé, il ne m'était pas possible de penser à fabriquer le sucre de betteraves sur une grande échelle. Je dus donc principalement m'occuper des moyens de rendre la fabrication aussi simple que possible, et de la mettre à la portée de simples villageois, une petite fabrique ne pouvant supporter les frais de contre-maîtres, inspecteurs, etc., lesquels ne peuvent être pris qu'à l'année, tandis qu'une pareille sucrerie n'a d'activité que trois mois environ, et souvent moins, dans les années peu favorables au développement des racines. Je me suis donc toujours attaché à la simplification et à la certitude des procédés de fabrication, et c'est particulièrement sous ce point de vue que j'envisagerai ce sujet.

En raisonnant d'après l'hypothèse d'une sucrerie établie sur une exploitation agricole qui doit lui fournir la matière première, l'objet qu'il faut d'abord considérer est de savoir approximativement sur quel produit on peut compter, afin de connaître de quelle importance pourra être la fabrique.

Une manufacture de produits agricoles est loin de ressembler à toute autre manufacture. On peut aisément *savoir* combien, dans un temps donné, on obtiendra de toile, de drap, d'huile, ou de tous autres produits manufacturiers semblables. Un agriculteur ne peut déterminer d'une manière aussi exacte les produits de ses travaux, produits dépendant de tant de causes étrangères à son *savoir* et à sa manipulation ; il ne peut même apprécier avec exactitude ce qu'il ensemencera chaque année ; car les intempéries des saisons viennent encore souvent déranger ses calculs. Il n'y a donc rien de parfaitement certain en agriculture, et c'est ce qui rend cette science si difficile lorsqu'on veut la traiter comme telle ; car elle exige alors la réunion d'une foule de connaissances, et presque toutes les autres sciences y trouvent leur application. L'objection qui a été faite

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par ceux qui penchent pour l'idée de séparer une sucrerie d'une exploitation, objection qui repose sur ce que rarement celui qui a des connaissances en agriculture possédera les connaissances nécessaires à un manufacturier, et que le manufacturier n'entendra souvent rien à l'agriculture, me paraît donc mal fondée; car le véritable agriculteur, et je donne à ce mot toute son extension, doit être physicien, chimiste, mécanicien; il doit être bon observateur, connaître les hommes, savoir les diriger; les améliorations en tout genre lui sont familières, les habitudes du commerce ne peuvent lui être étrangères; il a donc tout ce qu'il faut pour faire un bon manufacturier, tandis que celui-ci est loin d'avoir tout ce qu'il faudrait pour faire un bon agriculteur.

Ainsi donc, tout agriculteur vraiment digne de ce nom peut entreprendre avantageusement la réunion d'une sucrerie à son établissement. La production de la betterave devenant essentielle, les moyens d'obtenir cette racine en plus grande quantité, de meilleure qualité et aux moindres frais possibles, doivent être d'abord examinés.

On sait qu'en général il n'est profitable d'y consacrer que les terrains de bonne qualité. Les terres légères sont préférables; mais on peut également cultiver les betteraves dans les terres plus fortes, au moyen de la transplantation. Une question souvent agitée est celle de savoir si les petites betteraves, venues dans un terrain de moindre qualité ou peu fumé, ne sont pas à préférer aux grosses betteraves venant dans des terres riches de qualité et d'engrais. Malgré ce qu'on a dit à l'avantage des petites betteraves, je préférerai toujours les betteraves de grosseur moyenne pour plusieurs raisons. D'abord, cultivant soi-même cette racine, il importe, comme agriculteur, d'avoir un fort produit d'un certain espace de terrain, le prix moyen de la betterave est moindre, et, par conséquent, le prix auquel revient le sucre; ensuite, bien que le jus des petites betteraves soit plus riche en sucre que celui des grosses; cependant, la différence n'est pas en proportion des inconvéniens qui font que les petites betteraves se râpent beaucoup plus mal et plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

difficilement ; qu'il existe dans la pulpe beaucoup plus de petits morceaux ; qu'il y a proportionnellement beaucoup plus de parties ligneuses qui ne donnent que du marc, et que, par suite de ces divers inconvéniens, il faut, pour une même quantité de jus, et même pour une semblable quantité de sucre, un bien plus grand poids de petites que de grosses betteraves, ce qui, même dans le cas d'achat, me ferait encore donner la préférence aux betteraves de moyenne grosseur. J'en ai fait fréquemment l'expérience.

Plusieurs espèces de cultures sont employées pour la betterave, tels que le semis sur place à la volée, le semis sur place en rayons, le semis en pépinière et transplantation en lignes, ou en quinconces, et le semis en rayons rapprochés, dont partie est enlevée pour la transplantation.

Ayant employé ces différens modes de culture, j'ai cru devoir donner la préférence aux suivans. Je seme dès le premier printems un terrain bien préparé, au moyen du semoir anglais par lignes espacées de 9 pouces, formant des planches composées de 5 lignes chacune, et séparées par un espace vide d'un pied, servant de sentier. Ce semis est destiné à faire une pépinière dont on prend tout le plant pour planter les terres préparées les dernières, les terres trop fortes, trop pierreuses, ou trop en pente pour qu'un semis y puisse bien réussir. Je sème ensuite les terres bonnes et bien préparées avec le même semoir, mais en lignes distantes de 18 pouces. Enfin plus tard, je transplante les betteraves de la pépinière, mais non au plantoir, méthode longue, coûteuse, et donnant de mauvais produits ; je plante derrière la charrue, comme on plante le colsa. A cet effet, on laboure, toujours en ouvrant les planches qui doivent avoir une certaine largeur, de 20 à 60 pieds, on prend des raies de 6 pouces de large et 8 pouces au moins de profondeur ; sur 3 raies on en plante une, de sorte que les lignes se trouvent à 18 pouces ; en outre, on les place en quinconce, ce qui est facile avec de l'habitude, et permet les cultures à la houe en tous sens. Deux femmes suffisent pour fournir ainsi le labour d'une charrue.

Quant aux betteraves semées en lignes à 18 pouces, la graine

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que l'on récolte étant d'une assez petite valeur, je garnis bien la ligne ; lorsque la levée est belle, je fais passer en travers une herse à rayer qui au moyen d'un cheval trace 5 raies à 18 pouces de distance, ensuite je passe une petite herse à biner, en mettant le cheval dans chaque ligne, cette herse arrache les petites betteraves sur un espace d'environ un pied, les lignes de betteraves se trouvent ainsi divisées par petites touffes de 6 pouces de plant; plus tard, par un travail à la houe à main, on ne laisse qu'une betterave dans chaque touffe, et le champ se trouve régulièrement planté et aligné dans les deux sens, les premières cultures se donnent avec une petite houe à roulette qu'un homme traîne et qu'un autre dirige; une autre culture plus profonde se donne avec une houe plus forte et un cheval. Enfin le pied de chaque betterave est cultivé avec une houe à main.

Si l'on réfléchit aux divers modes de culture que j'emploie et que je viens de décrire sommairement, on verra que les travaux sont successifs et permettent ainsi, avec les mêmes forces, de cultiver une bien plus grande étendue de terrain qu'en n'employant qu'un seul mode de culture. Je ne sache pas que personne jusqu'ici ait employé la méthode de plantation que je viens de décrire, qui me réussit parfaitement.

Je ne parle pas de semis à la volée, ce moyen demandant trop de main-d'œuvre pour être économique; vainement on dira que dans certains cantons les femmes très-habituées à ce genre de travail, peuvent l'exécuter à peu de frais, je répondrai que, dans ces mêmes cantons, il en coûterait encore moins par l'emploi bien combiné des cultures avec les machines et avec la houe à main.

Combien récoltera-t-on de betteraves sur un arpent de terre? Il n'est pas plus facile de répondre à cette question qu'à cette autre : Combien récoltera-t-on de blé sur un arpent de terre? tel arpent ne donnera que 10 milliers de betteraves et même moins : tel autre en donnera 60 et même 75 milliers. Quelle prodigieuse différence! et quelle peut être la moyenne? Autre question qui ne peut encore se résoudre que partiellement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La moyenne d'une exploitation ne sera point la moyenne d'une autre. Il dépendra toujours du cultivateur d'augmenter la moyenne de son produit, mais il ne dépendra pas toujours de lui d'atteindre la moyenne d'une autre exploitation ; la qualité, la nature et la position du terrain y auront toujours une trop grande influence. Une terre qui donnerait moins de 12 milliers l'arpent, ou demi-hectare, ne devrait pas être employée à ce genre de culture, en admettant que la culture, les engrais et les soins y ont été donnés en quantités suffisantes.

Il a souvent été question des divers engrais employés à la culture des betteraves et de leur influence sur la quantité de ces racines, relativement à l'extraction du sucre. J'emploie les fumiers de mouton, le parcage, le fumier des bêtes à cornes, la poudrette. Je n'ai jamais éprouvé d'inconvenient réel d'aucun de ces engrais, j'ai toujours trouvé que le sucre se fabriquait bien toutes les fois que d'autres circonstances ne venaient pas apporter des modifications fâcheuses dans ces racines. Avec une grande abondance de fumiers consommés, il résulte souvent des betteraves creuses, fendues et endommagées, ce qui en diminue et la quantité et la qualité.

Bien des choses influent donc sur le produit moyen qu'on peut espérer obtenir d'un arpent de terre. Sa qualité, sa culture, sa position, l'époque de son semis, ou de sa plantation. Quelques-uns dépendent du cultivateur, d'autres sont hors de sa puissance, on ne peut donc rien dire d'exact à cet égard ; mais un produit de 20 à 24 milliers sur un demi-hectare sera toujours un bon produit moyen, dans des circonstances ordinaires.

Lorque les betteraves sont transplantées, il est facile de les arracher à la main ; semées sur place, il faut une fourche avec laquelle un homme les soulève seulement, les femmes achevent de les arracher. Je les fais de suite éplucher, ce qui s'opère au moyen d'un couteau avec lequel on coupe d'un coup le collet, et ensuite les radicules ; on en détache la terre et on les jette de suite en tas par rangées assez distantes pour le passage des voitures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsqu'il s'agit de les enlever, une voiture descend entre deux rangées de betteraves, des ouvriers, placés des deux côtés, jettent les betteraves avec leurs mains; de cette manière, on charge très-vite, et l'on évite le transport avec des paniers; lorsque les betteraves sont un peu grosses, le chargement s'opère très-promptement. J'ai trouvé infiniment plus économique de faire nétoyer les racines dans le champ qu'à l'atelier, et l'on n'a pas l'inconvénient d'emporter une grande quantité de terre et d'épluchures qui augmentent le charroi, et dont il faut ensuite se débarrasser. Telles que les betteraves arrivent à la fabrique, on peut les employer, au moyen d'un simple lavage, qui est très-expéditif, et même sans lavage.

Il est facile de voir par cet exposé des moyens de récolter les betteraves, que je ne puis conseiller d'employer le mode indiqué par M. Dubrunfaut dans son *Traité de l'Art de fabriquer le sucre de betteraves*. En effet, son procédé d'arrachage et de décolletage est sans doute très-expéditif, mais d'une telle imperfection qu'il ne sera jamais économique. En effet, des betteraves arrachées par un enfant avec ses deux mains, et secouées ainsi l'une contre l'autre, ne seront que bien rarement dans un état passable de propreté, et seulement alors que le terrain sera très-léger et le temps bien sec; dans toute autre circonstance, ce qui n'est pas rare à l'époque de cette récolte, les betteraves resteront plus ou moins garnies de terre, qu'il faudra emporter à la fabrique, puis détacher, et enfin sortir des ateliers. En outre, cela occasionnera un travail et des transports très-coûteux, et pourra nuire à la conservation, en même temps qu'il faudra un local plus considérable pour loger ces betteraves, dont le volume sera augmenté des petites racines, qui quelquefois sont assez nombreuses. Le décolletage aura également toujours besoin d'être repassé; car il ne peut, de cette manière, être fait bien convenablement sur toutes les racines. Le déchet occasionné par le nétoyage des racines à la manufacture, est évalué par M. Dubrunfaut à 6 ou 7 pour cent. Pour une fabrique qui exploiterait quatre millions de betteraves, cela fait 280 milliers, ou environ 90 voitures, dont on peut se dispenser,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sans compter l'embarras du local nécessaire au nétoyage, et 280 milliers de déchets à retirer, à transporter hors de la fabrique, et même des environs. Tous ces débris, en ce qui concerne les radicules, collets, etc., peuvent être consommés par les bestiaux sur les champs mêmes avec grande économie. Par le moyen que j'indique, j'évite encore l'amoncellement des racines dans les champs, main d'œuvre inutile et coûteuse en suivant le procédé indiqué par M. Dubrunfaut.

De cet exposé je conclus (et j'aurai occasion d'en donner la preuve en traitant de la fabrication) que, dans le moment actuel, une sucrerie de betteraves ne doit être qu'une annexe d'une exploitation rurale, parce que c'est dans cette hypothèse qu'elle peut offrir des bénéfices et plus grands et plus certains; que tout véritable agriculteur possède toutes les connaissances nécessaires pour établir et diriger une parcille manufacture. J'indique un nouveau mode de cultiver la betterave par transplantation, que je crois avoir perfectionné autant que possible, et qui, joint aux cultures par semis en place, que je décris également avec quelques particularités qui me sont personnelles, permet de beaucoup prolonger le temps destiné à ensemencer les betteraves. Ce dernier article est de bien grande importance, puisque le semis de la betterave ne peut avoir lieu que pendant le courant d'avril et le commencement de mai, tandis qu'en y joignant le mode de transplantation, on peut travailler jusqu'à la mi-juin au moins.

Enfin, je prouve qu'en faisant la récolte des betteraves, il est plus économique de les faire nétoyer de suite dans le champ même, puisqu'on évite d'abord la main-d'œuvre de la mise en tas, ensuite 7 pour cent sur le transport, qui est un article assez dispendieux, et enfin la nécessité d'un local destiné au nétoyage, d'un plus grand espace pour contenir des betteraves plus volumineuses, et le travail d'extraire de la fabrique et de se débarrasser d'une quantité de matière évaluée a 7 pour cent de la totalité de la récolte.

En traitant des frais de culture et des produits, ces divers avantages ressortiront d'une manière bien plus évidente, et je

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ferai voir qu'en suivant mes procédés de culture, on peut obtenir les betteraves à un prix inférieur à celui annoncé jusqu'ici dans les divers ouvrages qui traitent de cet objet.

Ce qu'on vient de lire a été écrit en 1825. Depuis ce temps, j'ai fait de nouveaux essais pour le perfectionnement de la culture de la betterave, qui m'ont très-bien réussi.

Pour le semis de la graine, j'ai abandonné le semoir, et j'emploie maintenant le plantoir pour planter directement la graine en place.

Ce mode a des avantages depuis long-temps connus; on a essayé de l'employer pour le blé, et le résultat en fut reconnu très-avantageux; mais, pour une culture aussi étendue, la difficulté de se procurer la main-d'œuvre doit y faire renoncer. Il n'en est pas de même pour la betterave, par plusieurs raisons.

D'abord, la culture en est bien moins étendue, et ensuite, la betterave demandant à être espacée d'environ un pied à dix-huit pouces, la plantation s'en fait bien plus promptement.

Je sais que d'autres agriculteurs emploient aussi le mode du plantoir; mais, comme je le pratique d'une manière différente, j'entrerai dans quelques détails sur l'un et l'autre procédé, afin de mettre à même de juger celui qui est à préférer.

Les deux méthodes dont j'ai connaissance se réduisent à ceci: Les uns, après avoir bien labouré, hersé et roulé le terrain, de manière à ce que le champ soit très-uni et la terre bien fine, font parcourir tout l'espace destiné à être planté, par un rayonneur portant quatre ou cinq dents, traçant autant de lignes sur le terrain. Des femmes déposent ensuite les graines à des distances voulues, le long de ces rigoles, en l'enterrant à mesure avec la main, en faisant retomber un peu de terre sur la graine.

D'autres, après avoir également bien préparé et uni le terrain, se servent d'un plantoir fait avec une petite planchette garnie de quatre chevilles, distantes chacune de dix-huit pouces; deux petits montans et une traverse permettent à un ouvrier de le manœuvrer en le prenant avec les deux mains; et, frappant ensuite sur la terre dans laquelle les quatre chevilles entrent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

jusqu'à la planchette, qui repose sur le terrain, et règle ainsi la profondeur à laquelle on veut déposer la graine.

Voici les inconvéniens que je dois signaler.

Par la première méthode, la graine n'est pas déposée bien également à la même profondeur, et, le plus souvent, mal recouverte; les grains restent ainsi trop exposés à la sécheresse, la terre qui la recouvre n'étant pas assez consolidée.

Dans la seconde méthode, la graine est déposée au fond des trous par des femmes qui suivent l'ouvrier qui tient le plantoir; elle est recouverte par la terre, que l'on pousse et que l'on presse avec le pied.

Sous ce rapport, elle se trouve dans une position bien préférable pour la levée, et c'est de cette manière qu'il y a le plus de régularité dans la germination de la graine. Mais l'inconvénient inhérent aux deux méthodes, c'est qu'il faut que la terre soit préparée à l'avance, qu'elle soit bien fine, que le terrain soit bien uni, sans quoi les quatre chevilles de la machine à rayer, ou celles du plantoir, ne portant pas également, les rigolles ou les trous ne se trouvent plus avoir la même profondeur. En outre, si, lorsque vous venez de préparer le terrain, il survient une pluie, la terre battue ne peut plus être plantée, et elle est d'autant plus battue, que la terre était plus fine et fraîchement remuée.

Dans une plantation un peu étendue, cet inconvénient peut se renouveler assez souvent, et causer un préjudice considérable, ainsi que j'ai eu occasion de le remarquer dans des années sujettes aux orages.

Si vous avez des terres dont le labour ne puisse être rendu bien fin, et qui reste un peu mottu, vous ne pouvez plus planter votre graine; il en est de même dans les champs très-pierreux.

Le moyen que j'emploie pare à tous ces inconvéniens. Je vais décrire les diverses manières dont je le pratique.

Mon plantoir est unique, c'est-à-dire il est simple et ne fait qu'un trou. Au lieu d'être conique, il est en forme de coin, et voici pourquoi. On dépose toujours dans chaque trou deux, trois et même quatre graines à la fois. Chaque graine con-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tient plusieurs germes, il lève donc plusieurs plantes. Dans un trou conique et pointu, toutes les graines se rassemblent au fond, les germes poussent ensemble, s'entrelacent, se nuisent réciproquement, et, lorsqu'on vient à éclaircir le plant, pour ne laisser qu'une betterave à chaque place, en arrachant les surnuméraires, on risque d'arracher, ou au moins d'ébranler fortement celle qui doit rester. La forme en coin de deux pouces de largeur de mon planteur, permet donc aux graines de s'étendre et de remédier aux inconvéniens signalés.

Lorsque l'époque des semailles est arrivée, je dispose mes charrues deux par deux; ainsi, deux charrues se suivent immédiatement et tracent deux sillons ou raies, de chacune neuf pouces de largeur. Des femmes suivent les charrues, ayant chacune un plantoir dans la main gauche, et devant elles un petit sac dans lequel elles puisent à chaque fois, avec le pouce et l'index, deux à trois graines. Le plantoir ayant la forme et la hauteur d'une canne, elles frappent ce plantoir sur le haut du sillon formé par la première charrue; la petite planchette du plantoir empêche le coin d'enfoncer plus avant qu'il ne faut. De la main droite elle dépose la graine dans le trou, et son pied droit couvre la graine et presse la terre dessus. L'opération va très-vite de cette manière, lorsque les femmes y sont exercées. Deux femmes peuvent suivre une charrue dans les cas ordinaires. Si les chevaux sont frais et la terre très-légère, on peut mettre trois femmes.

Je fais planter la raie de la première charrue, quoique la plus éloignée, car, si l'on plantait la dernière faite, lorsque les charrues reviendraient, elle pourrait rejeter de la terre sur la plantation.

Voici les avantages de ce mode de plantation :

Deux femmes, et au plus trois, pouvant planter tout ce que deux charrues labourent en une journée, c'est, comme on voit, fort peu coûteux. Les planteuses posant le pied gauche au fond de la raie, et ne foulant la terre que là où est déposée la graine, le reste du labour reste intact; il en est moins disposé à pousser de l'herbe. La terre, dans cet état, profite mieux des influences

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

atmosphériques, et le binage en est bien plus facile. Les mottes, les pierres, même grosses, n'empêchent point la plantation; les femmes ont soin de placer leur plantoir entre deux mottes ou pierres; le pied vient ensuite écraser la terre qui recouvre la graine, et celle-ci est toujours dans une bonne position pour lever. Ainsi, j'ai vu des champs de terre un peu forte pris dans un temps peu favorable, offrir un labour tellement rempli de mottes, qu'il était presque impossible, par la sécheresse, de les traverser à pied, et les betteraves y lever avec la plus grande régularité, à la grande surprise de ceux mêmes qui les avaient plantées. Lorsque ces mottes ont été bien brûlées par le soleil, après la première pluie qui vient les traverser, elles se réduisent très-facilement en poudre avec la tête de la binette.

On a soin de labourer toujours en ouvrant les planches, afin que les planteuses qui se partagent la longueur du champ, en traversant d'une raie à l'autre pour suivre les charrues, ne soient pas obligées de le faire sur le labour. Avec un peu d'habitude, les femmes plantent de manière à aligner leurs trous transversalement de manière à ce que les betteraves se trouvent alignées dans tous les sens.

Si pendant le travail il survient une pluie ou un orage, les charrues cessant de labourer, toute la terre remuée se trouve plantée; une heure après la pluie, on peut recommencer à labourer et planter immédiatement. Ainsi la graine se trouve déposée dans la terre au moment même où elle vient d'être retournée, et par conséquent dans les circonstances les plus avantageuses à sa réussite.

Voici une autre préparation de la terre qui me réussit parfaitement.

Après avoir donné les labours préparatoires, la terre étant bien meuble au moment de planter, j'emploie une charrue ayant deux oreilles, et je mets la terre en sillons ayant environ vingt pouces de grosseur; sur la crête du billon, que je fais herser avec une petite herse pliante à charnière; je fais planter les graines espacées d'un pied.

Ou bien avec une charrue à un seul versoir fort alongé, je

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fais des billons de deux raies, ayant trois pieds de grosseur et neuf à dix pouces de hauteur, on herse, et l'on plante les deux épaules du billon en laissant un pied d'intervalle en tout sens. Cette manière facilite beaucoup le passage des bestiaux pour les cultures à la houe à cheval dans le fond des billons. La crête du billon se bine à la main, et, en retirant la terre dans l'intervalle qui se trouve ainsi comblé, le champ redevient plat et les billons disparaissent. En déposant le fumier dans l'intervalle des billons et les refendant à la charrue, il se trouve très-bien disposé pour alimenter les betteraves, c'est le mode pratiqué en Angleterre dans le Norfolk pour la culture des navets.

Dans les terres maigres et lorsqu'on manque de fumier, j'emploie les engrais pulvérulens. Ce qui me réussit le mieux c'est alors de faire simplement déposer la graine dans le trou, puis les planteuses sont suivies par d'autres femmes portant de la charrée ou cendre lessivée, sèche et bien mélangée, dont elles recouvrent la graine en emplissant le trou avec une demi-poignée, et foulant le tout avec le pied droit. Il est difficile de croire combien la levée des plantes en est plus prompte et plus belle. Lorsque ensuite les plants ont été binés et éclaircis, je fais mettre à chaque pied une pincée de poudrette ou de tourteaux, ou quelquefois d'un composé dans lequel entre de la chaux.

Je choisis la cendre lessivée pour nourrir la graine, parce que j'ai observé qu'en y mettant de la poudrette ou du terreau, cela attire les vers de terre qui viennent couper les jeunes plants; tandis que la cendre lessivée les écarte au contraire ainsi que les fourmis.

Dans un moment où tant de fabriques de sucre s'établissent, où tant de personnes vont s'occuper de la culture de la betterave, j'ai cru avantageux de faire connaître le résultat de mon expérience pour leur éviter quelques écoles, toujours coûteuses et souvent ruineuses pour ceux qui commencent quand ils n'ont pas de guides.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉMOIRE

SUR L'INDIGO, SES PRINCIPES CONSTITUANS, ET L'URGENCE D'UNE MÉTHODE D'ANALYSE EXPÉDITIVE PROPRE A ÊTRE EMPLOYÉE PAR LES TEINTURIERS;

PAR LE Dr ANDREW URE, DE GLASCOW.

Parmi le nombre immense des productions végétales, l'indigo est sans contredit l'une de celles dont l'étude offre le plus d'intérêt. La curieuse complexité de sa nature, les qualités variées qu'on peut lui donner, le rendent l'un des corps les plus importans pour le savant. Mais son importance ne se borne pas là; c'est encore l'un des articles les plus importans pour le commerce de l'Angleterre, et celui qui offre le plus de ressources au commerce de l'Indostan. Aux quatre foires de la Compagnie des Indes, on n'en vend pas moins de vingt mille caisses. Il en arrive en outre d'Amérique et d'Egypte, sur quelques marchés d'Europe, une quantité assez grande.

Les indigos de Caracas et de Guatimala ont joui long-temps de la plus grande réputation, et se sont vendus beaucoup plus cher que ceux de l'Inde. Mais les améliorations que les planteurs de cette dernière contrée ont depuis quelques années apportées à sa fabrication, les ont mis à même de préparer des indigos bien supérieurs à ceux d'Amérique. C'est ce que prouvera la suite de ce mémoire.

Les plantes qui fournissent l'indigo appartiennent à la famille des légumineuses de Tournefort; elles sont presque toutes renfermées dans le genre *indigofera* de Linnée. Si l'on en croit Heyne, l'*indigofera pseudo-tinctoria* cultivé dans les Indes fournit le meilleur produit. D'autres naturalistes cependant donnent la préférence à l'*indigofera-anil*, l'*indigofera argentea*, l'*indigofera disperma*, qui produit l'indigo de Guatimala. Enfin, l'*indigofera mexicana* est considéré comme

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une très-bonne variété. On connaît à présent environ soixante espèces d'*indigofera*; mais on s'accorde à donner la préférence à celles dont les noms précèdent.

Dans cette énumération, mon but est de démontrer qu'une substance obtenue de tant de végétaux différens doit nécessairement varier dans ses élémens.

La matière qui donne l'indigo n'est contenue que dans la pellicule des feuilles; et au commencement de la maturité de la plante, lorsqu'elle est en fleurs, elle y existe en quantité abondante. Un peu plus tard, lorsque la végétation est plus avancée, le produit est plus beau, mais moins abondant. Enfin, après cette période, l'on n'obtient plus qu'un indigo de qualité très-inférieure et beaucoup plus rare. Les urines des animaux qui se nourrissent de cette plante ont une teinte bleue prononcée; il en est de même du lait des vaches. Cette circonstance s'accorde bien avec ce qu'on sait de la permanence de la couleur de l'indigo.

M. Weston, qui a fait connaître l'accroissement de la matière colorante dans l'acte de la végétation de la plante, a démontré que cet accroissement a lieu dans les feuilles, même après qu'elles sont séparées de la tige et séchées. Quand on les met en paquet à la récolte, on remarque qu'au bout de deux ou trois semaines, plus ou moins, selon le degré d'avancement qu'elles avaient lors de la cueillette, elles prennent une teinte gris-de-plomb, qui graduellement devient plus foncée et finit par être presque noire. Le planteur s'étudie à observer et à saisir le moment où ces feuilles sont le plus chargées de matière colorante, et c'est ce moment qu'il choisit pour les mettre au *trempoire*.

Il existe trois procédés d'extraction de l'indigo, chacun desquels doit avoir quelque influence sur la nature du produit. Dans le premier et le second procédés, on agit sur les feuilles sèches; dans le troisième, sur les feuilles nouvellement cueillies. La réussite complète du premier et du deuxième procédé dépend surtout de la promptitude avec la-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quelle on prive la plante de son eau de végétation. Aussi est-il recommandé de ne faire la récolte que pendant le beau temps. Une heure et demie avant le coucher du soleil, on coupe les plantes, on les met en gerbes pour les emporter, et on les étend immédiatement sur une aire bien sèche. Le lendemain, à six heures du matin, on reprend la cueillette pendant environ une heure et demie, avant que le soleil n'ait acquis une force très-grande, et on traite cette deuxième récolte comme celle de la veille. A trois heures de l'après-midi, les deux coupes sont assez desséchées pour que le battage sépare les feuilles de leurs tiges. On expose alors les feuilles au soleil, afin d'en compléter la dessiccation, puis enfin on les broie entre les deux meules d'un moulin. On enferme la poudre dans des sacs qu'on expédie à la fabrique. Pour extraire l'indigo de ces feuilles ainsi pulvérisées, la méthode indiquée par Roxburgh consiste à les faire macérer dans l'eau employée en aussi petite quantité que possible, et élevée à la température de 150 à 180° Farh. (65 à 88 centig.) et à faire battre l'infusion avec des palettes, jusqu'à ce que l'indigo se précipite. D'autres fabricans font d'abord macérer les feuilles avec deux fois leur volume d'eau à la température ordinaire, mélangent bien l'eau et la poudre par l'agitation, et décantent la liqueur dans une cuve nouvelle où la fermentation ne tarde pas à s'établir. On la bat alors de la même manière. Quelques-uns ajoutent à cette période de l'opération une certaine quantité d'eau de chaux; enfin l'usage de ce dernier corps est proscrit dans quelques localités.

Lorsqu'on met en pratique le troisième procédé, qui consiste à traiter la plante fraîche, on dépose les feuilles liées en bottes dans le trempoire, qui doit contenir assez d'eau pour que les feuilles, qu'on a soin de presser légèrement par des traverses de bois, soient recouvertes de deux pouces de liquide. La fermentation ne tarde pas à s'établir et marche avec activité, il se dégage de la cuve une grande quantité de bulles de gaz. On laisse marcher l'opération jusqu'à ce que la liqueur ait pris une teinte verte et se recouvre d'une pellicule de cou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

leur cuivrée. Une odeur acide se fait sentir alors, et les particules d'indigo semblent près de se précipiter.

Ce phénomène a lieu au bout de dix heures ; quelquefois il ne se manifeste qu'entre la dixième et la vingtième heure, selon le degré de chaleur. C'est à cette époque qu'on décante le liquide dans la batterie et qu'on ajoute l'eau de chaux, si tant est qu'on en emploie. Mais soit qu'on opère snr les feuilles sèches ou comme dans le cas présent sur des feuilles fraîches, il est important de veiller avec soin la fermentation, afin de saisir le moment où l'indigo est prêt à se former; car si on laisse la fermentation aller trop loin, non-seulement on décompose une partie de l'indigo ; mais encore il s'introduit dans le précipité une portion considérable de matière végétale étrangère. Si, au contraire, la fermentation n'est pas poussée assez loin, il y a lieu de craindre qu'une grande partie de la matière colorante ne reste dans les feuilles.

Les différences qui existent dans la nature et la culture de l'indigofère et dans les procédés de fabrication suivis dans les diverses localités doivent, comme nous l'avons dit, apporter des différences très-sensibles dans la qualité de l'indigo et dans sa composition chimique. Sous ce rapport, il forme un contraste remarquable avec le sucre, dont la composition est toujours identique.

Outre les impuretés accidentelles qu'une mauvaise saison, le manque d'adresse ou de soin introduisent dans l'indigo, le produit le plus pur qu'on puisse se procurer daus le commerce consiste en cinq principes constituans (1).

1° *Le bleu d'indigo* (*indigotine*). Matière végétale singulière qui contient au moins dix pour cent d'azote.

2° *Gluten d'indigo* (*principe azoté*). Substance jaune ou

---

(1) Le docteur Ure ne parle ni de l'acide indigotique, ni du principe odorant. (*Note du Rédacteur.*)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

jaune-brun, semblable à une résine, qui diffère du gluten du blé par sa solubilité dans l'eau; il a le goût de l'osmazome, fond à une chaleur un peu plus élevée que la température ordinaire, brûle avec flamme et donne par la distillation une huile empyreumatique et de l'ammoniaque.

3° *Le brun d'indigo* (*résine jaune*). Plus abondant que le précédent. Pour l'extraire on réduit de l'indigo en poudre, et on le fait tremper pendant quelque temps dans l'acide sulfurique étendu; puis on le traite par la potasse en dissolution concentrée. La substance appelée par M. Chevreul *vert d'indigo* consistait probablement dans la matière précédente, mélangée avec une matière alcaline et le bleu d'indigo.

4° *Rouge d'indigo* (*résine rouge*). On le dissout facilement en traitant par l'alcool et faisant bouillir l'indigo précédemment soumis à l'action d'un acide ou d'une dissolution alcaline. L'alcool acquiert une très-belle teinte rouge, et laisse par son évaporation le rouge d'indigo au fond du vase sous la forme d'une résine d'un brun foncé.

5° *Phosphate de chaux*. J'ai trouvé le sel en quantité notable dans de bel indigo, ce qui constitue un autre point de ressemblance entre cette substance et les matières animales. Aussi le charbon de l'indigo est-il difficile à incinérer, et exige souvent, pour que sa combustion soit parfaite, l'addition d'un nitrate ou de l'acide nitrique.

On obtient facilement le bleu d'indigo à l'état de pureté en opérant sur la liqueur jaune de la cuve du teinturier. On en met une certaine quantité dans un vase peu profond, on l'acidule légèrement par de l'acide muriatique, et on l'agite de temps en temps. Le précipité bleu ne tarde pas à se former, mélangé, il est vrai, avec le rouge d'indigo, qu'on enlève en traitant le précipité par l'alcool bouillant.

Dans mon Mémoire sur l'analyse dernière des substances animales et végétales, publié dans les transactions philosophiques pour 1822, j'ai donné l'analyse du *bleu d'indigo*, à laquelle se trouvait jointe la remarque suivante : « J'avais l'intention de poursuivre dans les détails les plus minutieux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» mes recherches sur ce produit azoté du règne végétal ; mais » j'ai abandonné ces recherches à M. Walter Crum, mon » élève et mon ami. »

Je pensais alors qu'il serait sans doute nécessaire d'apporter quelques modifications dans les poids des divers principes immédiats, tels que je les avais donnés. Mais j'ai eu lieu depuis de vérifier que la méthode d'analyse que j'ai suivie n'est point inexacte ; mais seulement que le *bleu d'indigo* que j'avais soumis aux expériences, n'avait pas été entièrement purgé du principe rouge, par des traitemens assez multipliés par l'alcool bouillant. En effet, ce principe adhère fortement au bleu, et il faut le traiter à plusieurs reprises pour l'enlever complètement. Cette matière résineuse avait introduit dans les nombres que j'avais trouvés quelques unités de plus pour l'oxigène et l'hydrogène. Cependant l'erreur n'est guère sensible, et nous pouvons le voir en comparant le résultat que j'ai obtenu avec l'analyse publiée auparavant par le docteur Thomson.

Le tableau suivant indique les résultats des analyses de divers chimistes pour l'indigotine.

	Thomson.	Ure.	Crum.	Royer et Dumas
Carbone	40 384	71 37	73 22	71 71
Oxigène	46 154	14 25	16 60	12 18
Azote	13 462	10 »	11 26	13 45
Hydrogène. . .	» »	4 38	2 92	2 66
	100 »	100 10	100 »	100 »

J'ai démontré dernièrement jusqu'à l'évidence que le bleu d'indigo contient de l'hydrogène. J'ai fait chauffer un mélange de ce corps et de proto-chlorure de mercure dans un tube de verre vert dont l'extrémité ouverte était terminée par un tube recourbé rempli de nitrate d'argent ; on vit bientôt d'abondantes vapeurs d'acide hydro-chlorique, et du chlorure d'argent se précipita.

Le liquide de la cuve du teinturier sur toile contient de l'indigo désoxigéné par le protoxide de fer et dissous dans l'eau

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de chaux. Cette solution, dans son état de richesse habituel, n'a pas une densité sensiblement plus grande que celle de l'eau distillée, et sur mille parties ne contient pas plus de trois parties de *bleu d'indigo* et environ une quantité semblable de carbonate de chaux, équivalant à peu près à un grain et demi de chaux vive par mille grains de liquide; c'est la proportion dans laquelle se trouve la chaux dans l'eau de chaux.

Si l'on prend un matras gradué et qu'on le remplisse d'hydrogène, puis qu'on le plonge dans la cuve pour y puiser la liqueur, on pourra aisément faire passer portion de cet indigo désoxigéné dans une éprouvette sur la cuve à mercure, et mesurer exactement la quantité d'oxigène qu'absorbe une quantité donnée d'indigo pour reprendre sa couleur bleue. Cette quantité sera proportionnelle à la force et à la pureté de la liqueur de la cuve. J'ai fait une série d'expériences au moyen desquelles il sera facile de déterminer la qualité et le degré de pureté des divers indigos du commerce; mais ce travail n'est point encore achevé. Le moyen le plus rigide consiste à séparer le *bleu d'indigo* des autres principes par les moyens d'analyse les plus expéditifs et de le peser (1). On pense généralement que l'analyse de ce produit végétal est trop compliquée pour qu'on puisse avec facilité la mettre en pratique sur les indigos variés qui sont mis en vente tous les trois mois par la compagnie des Indes; mais le travail dont j'ai parlé plus haut démontrera, je l'espère, l'erreur de cette assertion.

J'ai proposé à diverses reprises, à la compagnie des Indes, l'établissement d'un bureau d'essai pour l'indigo. Cette mesure n'a pas été adoptée. Cependant la liste suivante d'analyses que j'ai faites démontrera combien elle serait profitable. La

---

(1) Il n'est pas bien certain que ce moyen soit le plus rigide, car il peut se faire que les matières qui sont alliées en certaines proportions avec l'indigotine jouent un rôle important dans la force colorante de l'indigo, auquel peut-être ces matières sont nécessaires pour sa plus complète régénération par l'oxigène, etc. (*Note du Rédacteur.*)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quantité d'indigo nécessaire à un essai ne dépasse pas dix grains, et un chimiste, avec quelques aides intelligens, peut en un jour reconnaître la qualité moyenne de 500 caisses.

Indigos de l'Inde.

	Prix. s.	d.	Indigo pur sur cent.		Description.
Nos 1.	3	9	42	»	Cassé, violet moyen, violet cuivré par place.
2.	3	6	56	5	Dº quelques fragmens violet cuivré, et cuivré.
3.	3	3	46	»	Dº moyen rouge violet, violet foncé, pâte sèche.
4.	4	3	54	5	En gros fragmens et cubique égal moyen rouge et violet.
5.	4	2	75	»	En menue-pousse, venteux, bon violet.
6.	4	9	60	»	En gros fragmens cubiques un peu violets et demi-bon violet cuivré.
7.	5	3	70	»	En gros fragmens très-bons, pâte un peu piquetée.
8.	6	6	60	»	Cubique, gros fragmens, doux belle pâte, beau violet.
9.	6	»	66	⅔	Cubique, gros fragmens bon violet rouge.
10.	7	»	75	»	Cubique, gros fragmens beau pourpre et bleu.
11.	2	3	37	5	Madras moyen ordinaire.
12.	3	6	60	»	Bon Madras.
13.	4	3	58	»	Très-beau Madras.
14.	2	»	»	»	Oude inférieur pâle.
15.	2	4	27	¾	Oude moyen ordinaire.
16.	3	3	54	»	Bon oude.
17.	1	9	29	»	Lundy très-basse qualité.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Indigos américains.

	s.	d.		
Caraque flor . .	6	»	54 ½ p.	100 d'indigo pur.
Guatémala n° 1.	5	»	33 ½	*id.*
2.	3	2	19	*id.*
3.	4	6	32 ½	*id.*
4.	5	4	50	*id.*
5.	5	»	50	*id.*
6.	5	3	35	*id.*
7.	4	8	46	*id.*
8.	4	8	33 ½	*id.*
9.	5	4	50	*id.*

Observations.

On voit par l'inspection des tables ci-dessus combien les moyens de reconnaissance employés par les négocians sont insuffisans et les désignations peu propres à donner un aperçu de la bonté relative des indigos, et combien il serait urgent que le teinturier pût avoir un procédé facile de reconnaître le degré des indigos du commerce, sans être exposé à acheter pour bons les indigos les plus bas en qualité. Ainsi, le prix du n° 5, 1re table, est très-bas, et sa désignation commerciale le place parmi les qualités inférieures, tandis qu'il contient 75 d'indigotine. On voit encore que le très-beau Madras se paie plus cher et contient deux pour cent d'indigotine de moins que la sorte précédente, qui n'est désignée que comme moindre en qualité.

Dans les indigos d'Amérique, qui ont été long-temps considérés comme les meilleurs, il en est qui ne contiennent que 19 centièmes d'indigotine et qui se vendent plus cher que ceux du Levant, qui en contiennent une proportion double.

Déjà nous avons fait connaître aux lecteurs de l'*Industriel* le colorimètre de M. Honton Labillardière, professeur de chimie à Rouen, au moyen duquel on peut parvenir à appré-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cier les qualités relatives des indigos; nous y joindrons aujourd'hui quelques mots sur les moyens proposés et mis en pratique par M. Chevreul, professeur de chimie appliquée à la teinture aux Gobelins, nous réservant toutefois de donner les résultats des expériences du docteur Ure aussitôt qu'elles auront paru. Enfin, nous terminerons ce que nous avons à dire sur cette substance importante, dans un prochain numéro, par un travail que M. Cochard a bien voulu nous communiquer sur les variétés nombreuses d'indigos qui se trouvent dans le commerce. Ce mémoire est accompagné de notes exactes sur la culture de l'indigofère et sur la fabrication et l'histoire de l'indigo.

Il ne peut manquer d'attirer toute l'attention des teinturiers et des négocians eux-mêmes, en leur faisant connaître les meilleures sortes et les moyens de les distinguer; enfin ce travail important est terminé par une table des tares et des usages du commerce.

ESSAIS DES INDIGOS,

PAR M. CHEVREUL.

Premier essai.

Une opération qui me paraît indispensable pour essayer des indigos, est l'incinération, qui a pour objet de déterminer la quantité de matière inorganique fixe qu'ils peuvent contenir.

On commencera par sécher à 100° 1 décagramme environ de chaque échantillon d'indigo. Dans cette opération l'indigo perdra 0,03, 0,05, 0,06 d'humidité.

Deuxième essai.

On prend 1 gr.,00 de chaque échantillon d'indigo séché, et on les insinue dans une petite capsule de platine. L'indigo

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de bonne qualité se fond, exhale une belle vapeur pourpre, et il laisse en général o gr., 07 de cendre ; mais j'ai eu une fois l'occasion d'essayer un indigo qui n'en a laissé que o gr., 03.

J'ai examiné des indigos préparés au Sénégal, dont la partie colorante était d'une bonne qualité, et qui laissaient jusqu'à 0,22 de cendre. Cette grande quantité de matière inorganique ne peut être attribuée, au moins entièrement, à ce que la plante indigofère de ce pays contient plus de parties terreuses que les indigofères exploités ailleurs; car des échantillons préparés dans le même pays, et avec soin, ne m'en ont présenté que 0,12.

Troisième essai.

On monte une petite cuve à froid, dans un flacon à l'émeri à large orifice, en prenant :

Indigo séché à 100°.	0,500
Sulfate de protoxide de fer cristallisé	1,830
Potasse à l'alcool	1,600
Eau.	500,000

Le flacon doit être presque entièrement rempli de ces matières ; autrement, il y resterait une quantité d'air qui nuirait au succès de l'opération.

On agite bien les matières, et, après un 1/4 d'heure on y plonge 4 gr. de laine filé, et on les en retire au bout de 5 à 10 minutes suivant la hauteur du ton qu'on veut obtenir.

Il faut opérer comparativement avec de l'indigotine ou un indigo de bonne qualité.

Cet essai indique bien si l'indigo essayé est susceptible de donner une belle couleur, mais il est peu satisfaisant à cause des difficultés qu'il présente, lorsqu'on veut épuiser complètement le bain, en y plongeant successivement des écheveaux de laine égaux en poids, et qu'on veut comparer la quantité de laine teinte à celle qui le serait, en employant de la même manière de l'indigotine ou divers échantillons d'indigo, afin

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de juger quelle serait la valeur relative des indigos essayés par ces quantités de laine teinte et la hauteur de leur nuance.

Le défaut de précision de ce procédé tient surtout à ce qu'on perd une quantité notable d'indigo en sortant la laine du bain.

Quatrième essai.

On met dans une boîte de cuivre bien sèche, qui sera chauffée extérieurement pendant 6 heures à la vapeur, une petite capsule de platine ou de porcelaine contenant 1 gr. d'indigo et 6 gr., 12 d'acide sulfurique concentré. On délaie ensuite le sulfate d'indigo avec un peu d'eau et on verse le tout dans un ballon de deux litres. Après avoir lavé exactement la capsule, avoir versé le lavage dans le ballon, on achève de remplir celui-ci d'eau, de manière à avoir une dissolution de 2000 centimètres cubes contenant 1 gr. d'indigo, c'est-à-dire une dissolution dont 20 centimètres en contiennent 0 gr., 01 d'indigo, et deux centimètres en contiennent 0 gr. ,001. On répète la même opération sur chaque échantillon.

On prend 20 centimètres cubes de chaque solution, avec une pipette graduée, et l'on compare la couleur et le ton que des écheveaux de 1 gramme de laine prennent dans chacune d'elles par une immersion d'une durée déterminée.

En cherchant ce que je pourrais teindre de grammes de laine et de soie avec 0 gr. ,01 d'indigotine représenté par 20 centimètres cubes de sulfate, j'ai trouvé, en employant 1 gramme de laine et de soie, dans chaque immersion qui durait 24 heures, que l'on peut teindre en rapportant le tout à un gramme formé de 28 tons à partir du blanc.

1 gr.	de laine au ton	18.	1 gr.	de soie au ton	16
1 gr.	——	7,5.	1 gr.	——	9.
1 gr.	——	1.	1 gr.	——	5.

Cinquième essai.

On peut se servir du chlorure de chaux pour essayer les indigos après les avoir préalablement dissous dans l'acide sul-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

furique; et cela résulte de ce que nous avons dit plus haut, et de cet autre fait que l'indigotine exige plus de chlorure pour être décolorée que les principes colorans qui l'accompagnent; mais ce dernier fait s'oppose à ce qu'on puisse conclure absolument la proportion de l'indigotine, du chlore employé à la décomposer. Par exemple, d'après une expérience que je ne garantis pas, parce qu'il me reste du doute sur l'exactitude du titre du chlorure que j'ai employé, 100 parties d'indigotine en poids dissoutes dans 612 d'acide sulfurique, exigeraient à peu près 68,75 parties de chlorure pour se décolorer. Eh bien! ce rapport ne donnera pas le titre absolu d'un indigo, lorsqu'on aura déterminé la quantité de chlorure nécessaire à sa décomposition; car du sulfate d'indigotine exigeait 100 volumes de chlorure pour être décoloré, tandis qu'un sulfate d'indigo qui contenait sous le même poids et sous le même volume la moitié moins d'indigotine, en exigeait 88 volumes. Or, il est clair que si les matières étrangères à l'indigo n'avaient pas agi sur le chlore, il n'aurait fallu que 50 vol. de chlorure.

D'après cela on voit que l'essai par le chlorure ne peut pas donner des résultats absolus, mais il est expéditif, et ses indications ne sont pas inutiles.

Pour faire cet essai, il faut dissoudre 1 gr. d'indigo dans 12 gr., 24 d'acide sulfurique, autrement on aurait de la phénicine qui se précipiterait par le mélange du chlorure avec la solution sulfurique.

ACTION DU CHARBON ANIMAL SUR LES SOLUTIONS;

PAR TH. GRAHAM, PROFESSEUR DE CHIMIE A GLASCOW.

(*Extrait de l'anglais.*)

Les travaux d'un grand nombre de chimistes ont démontré jusqu'à l'évidence que la faculté décolorante possédée par le charbon animal réside dans le charbon même et n'appartient en aucune sorte aux sels ou à l'azote qu'il peut retenir. Ces

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sels et ce gaz, en effet, ne possèdent point isolés cette propriété, tandis que le charbon, lorsqu'il en est débarrassé, conserve son pouvoir décolorant. Ce pouvoir est considérablement augmenté par l'état de division extrême et la porosité du charbon animal, porosité qui vient de l'interposition de particules de matières étrangères qui empêchent l'aggrégation des molécules de charbon pendant la calcination. Ainsi le charbon brillant et dur qui provient de la calcination du sang desséché ne possède pas de pouvoir décolorant, tandis que ce même charbon, provenant de la calcination du sang mélangé avec le carbonate de potasse, comme celui des manufactures de prussiate de potasse, devient le meilleur des charbons décolorans après qu'on l'a débarrassé du sel interposé entre ses molécules. Cependant il est bon d'observer qu'une chaleur très-intense détruit le pouvoir décolorant du charbon.

Les matières colorantes ne sont ni détruites, ni décomposées par le charbon, elles sont seulement enlevées à la dissolution et se combinent avec la surface du charbon. On peut les redissoudre et les faire reparaître par l'action d'un dissolvant plus énergique.

M. Lowitz est le premier qui ait signalé cette propriété du charbon en 1791. Il n'avait fait ses remarques que sur le charbon de bois. M. Guilbert observa que le pouvoir décolorant de ce charbon peut être augmenté par une longue exposition à la lumière du soleil, à l'état humide. En 1810, M. Figuier, professeur de chimie à Montpellier, découvrit que le charbon animal possède cette propriété à un degré bien plus haut. On peut lire dans le journal de pharmacie un excellent mémoire de M. Bussy sur les charbons décolorans. Ce mémoire a été couronné par la société de pharmacie et contient tout ce qu'on sait à cet égard.

Mais jusqu'à présent on n'a considéré l'action du charbon animal sur les dissolutions que sous le point de vue de la propriété dont il jouit de les décolorer, en s'appropriant la matière colorante qui s'y trouve en dissolution. Cependant l'ac-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion du charbon ne se borne pas là, il exerce sur les dissolutions une action chimique qu'on pourrait examiner sur des dissolutions dont la composition serait connue et déterminée. Ces expériences pourraient jeter la lumière sur l'état de combinaison dans lequel se trouvent les corps, dans le cas de dissolution ordinaire, comme le sel commun dans l'eau, cas auquel la doctrine des proportions définies semble entièrement inapplicable. Si un corps solide comme le charbon détruit une telle combinaison et précipite le sel, M. Graham pense qu'on peut en conclure qu'il existe une analogie entre la combinaison du sel avec l'eau et la combinaison du sel avec le charbon, et que l'une et l'autre ont quelque chose d'un caractère mécanique.

D'autres corps solides possèdent la même propriété, quoiqu'à un moindre degré, lorsqu'ils sont dans un état de division extrême, comme lorsqu'ils sont naturellement précipités; aussi doit-on, dans les recherches analytiques, avoir égard à cette cause de perturbation, qui peut en quelques cas augmenter le poids du précipité.

Le charbon animal employé dans les expériences dont nous allons rendre compte était préparé avec des os ordinaires; c'était donc le noir d'ivoire du commerce; mais on l'avait fait bouillir en contact avec de l'acide hydro-chlorique étendu, et on l'avait ensuite lavé à l'eau chaude, jusqu'à ce que l'eau de lavage ne conservât aucune acidité. Ce charbon en brûlant laissait un résidu de cendre grise d'environ un douzième de son poids primitif, insoluble dans l'eau et dans les acides, et composé presque entièrement de silice. On sait que M. Bussy a annoncé dans son mémoire que la propriété décolorante du charbon animal ordinaire préparé de la manière qui vient d'être indiquée et traité de même par l'acide hydro-chlorique, est à celle du même charbon non traité comme un et demi est à un.

Dans les premières expériences qu'a tentées M. Graham, il a trouvé que le charbon préparé employé en excès n'avait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pas d'action sensible sur une dissolution saturée de sel commun à la température ordinaire. La proportion de sel qui restait dans l'eau était toujours celle qui était nécessaire à la saturation, à la température la plus basse à laquelle l'expérience avait eu lieu.

NITRATE DE PLOMB.

Une dissolution de ce sel fut mise en contact avec le charbon ; on eut soin d'agiter le mélange à diverses reprises. Essayée de temps en temps par le carbonate de soude, elle donna le premier jour un précipité distinct ; le second jour, le précipité fut moins distinct, et l'on n'en obtint plus que des traces le troisième jour.

En faisant chauffer la liqueur, la portion de nitrate que s'était appropriée le charbon fut redissoute, et donna, par l'hydrogène sulfuré et le carbonate de soude, un précipité abondant.

Di-nitrate de plomb (1). Ce sel, qui est soluble, fut entièrement précipité par le charbon, si bien que l'hydrogène sulfuré n'en fit pas apercevoir la moindre trace dans la liqueur traitée par cet agent. Après avoir chauffé la dissolution jusqu'à la température de 200° Farenheit ou 93, 33° centigrades, une portion de nitrate qui s'était approprié le charbon fut redissoute, comme dans l'expérience précédente ; mais, par le refroidissement, le charbon s'en empara de nouveau. L'action du charbon sur la dissolution de di-nitrate de plomb à la température ordinaire fut instantanée, et beaucoup plus énergique qu'elle ne l'avait été sur le nitrate. Ce dernier sel, comme l'on sait, est beaucoup plus soluble que le premier.

Acétate de plomb. Trois grains de ce sel dissous dans une once d'eau furent traités par 20 grains de charbon animal. Le

---

(1) *Sous-acétate de Berzélius*—Les Anglais emploient les syllabes *di-*, *tris-*, *tetrakis* devant les noms des sels, pour indiquer le nombre d'équivalens d'oxide qui entrent dans leur composition. (*Note du Rédacteur.*)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

précipité fut complet, l'ébullition n'en fit pas redissoudre la moindre portion.

Acétate de plomb. (*Sous-acetate.*) Quatre grains de ce sel, traités comme le précédent, donnèrent les mêmes résultats.

Tartrate de potasse et d'antimoine. Quatre grains d'émétique, dissous dans une once d'eau, furent traités à froid par 20 grains de charbon animal préparé; on eut soin d'agiter a liqueur de temps en temps pendant plusieurs jours. L'hydrosulfure d'ammoniaque y formait toujours un précipité abondant. On ajouta alors une deuxième dose de 20 grains de charbon : l'hydrogène sulfuré n'indiqua plus que des traces d'antimoine.

Eau de chaux. Traitée à froid, la chaux fut précipitée complètement, tellement que la liqueur ne réagit plus sur le tournesol rougi par les acides.

Nota. Le docteur Paris avait déjà observé ce phénomène.

Acide arsénieux. Un grand excès de charbon ne put en effectuer la précipitation complète en six semaines.

On opéra à la température ordinaire.

Deuto-sulfate de cuivre. Ce sel ne put être précipité, quelle qu'eût été la quantité de charbon employée.

Sulfate de cuivre et d'ammoniaque. Le sulfate de cuivre fut précipité par le charbon, et la liqueur devint totalement incolore. On fit digérer de l'ammoniaque concentrée sur le charbon qui contenait le sulfate, et l'on soumit le tout à l'ébullition sans qu'on pût parvenir à redissoudre un atome du sel de cuivre. L'ammoniaque ne se colora pas en bleu, même par son exposition à l'air.

Dans une seconde expérience sur le même composé, la belle coloration en bleu obtenue par la dissolution de cinq grains de sulfate de cuivre dans une demi-once d'ammoniaque caustique, étendue d'une once et demie d'eau, fut vivement altérée par l'addition de 20 grains de charbon animal. En augmentant la proportion de charbon par 5 grains à la fois, la liqueur se décolora de plus en plus, jusqu'à ce qu'enfin elle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

devînt entièrement incolore après l'emploi de 40 grains de charbon. On s'assura que la liqueur ammoniacale qui restait ne contenait pas de protoxide de cuivre.

Nitrate d'argent. Cinq grains de ce sel en dissolution dans la même quantité d'ammoniaque et d'eau que dans l'expérience ci-dessus, furent ensuite traités par 20 grains de charbon. Le jour qui suivit l'expérience, on ne put apercevoir aucune trace d'argent dans la solution. On ajouta deux grains et demi de nitrate; on agita le mélange de temps en temps; mais au bout de plusieurs jours, la liqueur contenait encore de l'argent. En examinant attentivement la fiole qui contenait la dissolution et le charbon, on put apercevoir interposés entre les grains de ce dernier des points brillans métalliques d'argent réduit.

Chlorure d'argent. Une dissolution de ce composé dans l'ammoniaque fut entièrement précipitée par le charbon.

Hydrate de plomb. On fit dissoudre dix grains de protoxide de plomb hydraté dans la potasse caustique, et l'on étendit la dissolution jusqu'à ce que tout fût amené au poids de trois onces. On traita cette dissolution par 20 grains de charbon et l'on eut soin de tenir la fiole fermée. Il se précipita de l'oxide en quantité assez grande pour qu'on pût aisément le distinguer à sa couleur, au milieu des grains du charbon. Des additions successives de charbon, jusqu'à la concurrence de 90 grains, précipitèrent tout l'oxide, il n'en resta que des traces dans la liqueur. Les dernières portions de charbon ajouté flottaient sur la partie de la liqueur qui contenait l'oxide. Le liquide surnageant, qui avait une teinte verdâtre, fut décoloré; on lava, on jeta sur le filtre, et l'on fit sécher le charbon employé dans l'expérience à une température qui n'excéda pas 100° cent. On put alors apercevoir distinctement un nombre immense de points métalliques interposés dans le charbon. L'oxide de plomb avait été réduit par ce corps.

Oxide de zinc. Ce corps fut complètement précipité par le charbon de sa dissolution dans l'ammoniaque.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Solution d'iode. On fit dissoudre 5 grains d'iode dans 15 grains d'hydriodate de potasse pur, et l'on étendit la dissolution de deux onces d'eau. Traitée par 40 grains de charbon, la liqueur ne perdit pas entièrement sa couleur; elle acquit légèrement les propriétés acides; on lava le charbon, on le fit sécher sur le filtre, au bain de sable, sans qu'il laissât échapper l'iode qu'il pouvait contenir. Mais en le chauffant dans un ballon sur la lampe, les vapeurs violacées de l'iode ne tardèrent pas à se manifester et à se condenser avec un peu d'humidité contre les parois du ballon. L'iode fut de nouveau absorbé par le charbon sec refroidi.

Chlorure de soude et sous-carbonate de potasse. Ce mélange, qui constitue la liqueur de Labarraque, supporte, comme on le sait, l'ébullition sans que ses propriétés soient fortement altérées; mais ce même liquide, exposé à l'ébullition pendant quelques secondes seulement, en contact avec quelques grains de charbon, perdit complètement ses propriétés décolorantes.

Le même effet fut produit à froid par l'agitation de la liqueur pendant quelques minutes.

Dans aucune de ces deux expériences, il ne se dégagea de gaz.

On évapora la solution jusqu'à siccité, et l'on reconnut alors qu'elle ne contenait pas une quantité notable de chlorate de soude.

Vingt grains de charbon sont bien suffisans pour détruire les propriétés d'une pinte du liquide de Labarraque nouvellement préparé.

Chlorure de chaux. Ses propriétés furent détruites par le charbon avec une facilité presqu'égale, surtout à chaud.

Chlore liquide. Une livre d'eau tenant en dissolution un volume de chlore égal au sien, fut chauffée rapidement jusqu'à l'ébullition sur vingt grains de charbon. Le matras portait un tube recourbé, afin qu'on pût recueillir les gaz. Après l'expérience, on reconnut que le gaz qui s'était échappé était de l'acide carbonique, et que la plus grande partie du char-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bon employé avait disparu. On constata dans la liqueur la présence de l'acide hydro-chlorique.

Cette expérience fut répétée plusieurs fois et les résultats en furent toujours les mêmes. Le charbon qui restait dans les appareils fut lavé à plusieurs reprises, après avoir été séché sur un bain de sable. Exposé ensuite à la flamme de la lampe dans un tube de verre, il abandonna quelques gouttes d'acide hydro-chlorique très-concentré.

MÉTIER A TISSER,

PAR M. J. HEILMANN.

Ce métier est répandu dans toute l'Alsace, où il a rendu de grands services à l'art du tissage. Il est moins dispendieux, moins lourd, et beaucoup plus simple que le métier anglais, et il n'est pas douteux qu'il soit un jour universellement adopté.

M. Heilmann avait placé un de ces métiers à l'exposition des produits des arts qui eut lieu à Mulhouse en 1828, lors du passage du Roi. Nous ne pouvons mieux faire que de rappeler ici l'opinion du rapporteur de la Société Industrielle de Mulhouse sur ce métier.

« Ce qui distingue surtout ce métier, déjà connu sous le nom de métier alsacien, de ceux qui sont venus d'Angleterre, c'est sa simplicité. La réduction du nombre de pièces qui le composent et la diminution du poids sur l'ensemble de la machine, qui est de plus de 100 kilog., ont mis M. Heilmann à même de fournir, le premier en France, cette sorte de métier à raison de 350 fr. la pièce; aussi a-t-on fait à cette maison (Heilmann père et fils, au Vieux-Thann) des commandes considérables, et un grand nombre de ces métiers est déjà répandu dans les ateliers du département.

Dans ces métiers, dont le principe a été établi et breveté

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

long-temps avant celui de M. Debergue, un seul arbre opère sur différens points de sa longueur les trois mouvemens principaux du tissage, savoir : celui du battant, celui des lisses et celui de la navette.

Le mouvement du battant est semblable à celui des métiers anglais, et n'a rien de particulier ; mais celui des lisses se trouve gravé sur le flanc de la poulie motrice même, au moyen d'une raînure réservée dans la fonte, et représente une développante de deux cercles circonscrits; dans cette raînure glisse la tête, en forme de navette, d'un tourillon ajusté à frottement libre, au bout d'un lévier ou marche, dont la communication avec les lisses est facile à concevoir, lorsqu'on sait que la disposition de la raînure est telle que, pour un tour de l'arbre moteur, la marche est gouvernée par le cercle intérieur, et pour l'autre par le cercle extérieur, ce qui établit d'une manière plus directe et beaucoup plus simple ce rapport de mouvement sous-double et alternatif qui est nécessaire entre le battant et les lisses, et qui, dans le métier anglais, est produit au moyen de deux roues d'engrenage qui sont dans le rapport de 1 à 2, d'un arbre en sus, de deux roues excentriques, et de deux marches.

Le mouvement rapide, tantôt à gauche, tantôt à droite, de la navette, est produit, dans le métier anglais, par l'arbre qui tourne le plus lentement, et par le moyen destructeur de deux plans inclinés. Dans celui de M. Heilmann, un simple bras de fer, de six pouces de long, fixé sur l'arbre unique, rencontre à chaque tour un taquet en bois, auquel est attachée l'extrémité d'une courroie, et qui fait partir la navette de quelque côté du métier qu'on la place.

Par cette disposition, il n'y a point de force détruite par un plan incliné, et la mise en mouvement du métier est sensiblement facilitée.

L'avantage de ce mouvement de navette sur celui du métier anglais a été hautement confirmé par plusieurs fabricans qui ont essayé les deux machines conjointement. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Légende explicative.

Planche XVI. Figure 1re. — Elévation du métier de M. J. Heilmann, vue de bout.

Fig. 2. — Elévation vue de l'autre extrémité du métier.

Fig. 3. — Vue de face et de côté de la poulie motrice, sur le flanc de laquelle se trouve gravée la raînure qui donne le mouvement aux marches.

Planche XVII. Fig. 4. — Elévation du métier vue de face, du côté des poids d'enroulage et du rouleau porte-fil R.

Planche XVIII. — Elévation vue du côté opposé.

Les mêmes pièces sont affectées des mêmes signes sur les trois planches.

A Bâti en fonte.

B Poulie motrice, dans laquelle se trouve gravée d'un côté une raînure de deux cercles circonscrits donnant le mouvement aux marches.

C Lévier ou marche, portant à une extrémité une portion de cercle dentelé, et à l'autre un galet avec son olive.

D Arbre moteur à deux vilbrequins.

E Bras de la chasse.

F La chasse.

G Tringle du porte-taquet.

H Petit arbre portant les petits léviers d'embrayage.

I Grand lévier de débrayage.

K Fourchette de débrayage.

L Arbre du chasse-navette.

M Poids d'enroulage.

N Courroie du chasse-navette.

O Pignon engrenant avec la portion de roue, ou pignon de marche.

P Jumelle de chasse, portant le garde-navette.

Q Taquets.

R Rouleau porte-fil.

S Support de chasse-navette.

T Roue du rouleau déchargeoir.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

U Pignon de la roue du rouleau déchargeoir.
V Roue à rochet d'enroulage.
X Cliquet d'enroulage.
Y Lévier du cliquet d'enroulage.
a Tringle tire-lisse.
d Guide de la navette.
e Poitrinière.
f Traverse de bâti.
g Tringle des taquets.
h Ressort d'ensouple.
i Espagnolette.
k Raînure de la came ou chasse-navette.
l Lévier d'espagnolette.
m Bascule de la chasse.
n Ortoire ou touche de débrayage.
o Coulisse de débrayage.
p Leviers de chasse-navette.
q Chasse-navette.
s Bras de chasse-navette en bois.
t Buttoir du bras de chasse-navette.
u Tourillon des cliquets d'enroulage.
x Touche ou lévier du chasse-navette.
y Olive de came de marche.
z Ressort de la bascule de la chasse.

TEINTURE DES CHAPEAUX,

PAR F. L. PICHARD.

Depuis l'article que j'ai publié dans ce journal en décembre 1828, quelques teinturiers de Paris, à l'instar des Anglais, ont fait établir des roues en cuivre. Il en est résulté que, soit par l'impéritie des ouvriers, la mauvaise confection de la chaudière ou de l'appareil qui meut la roue (espèce de tournebroche très-massif), il fallait un quart plus d'ingrédiens

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour teindre une même quantité de chapeaux que par la méthode ordinaire. Espérons toutefois que les teinturiers remédieront à cet inconvénient et n'abandonneront pas un procédé indispensable, en ce que les chapeaux sont mieux éventés et acquièrent par conséquent un plus beau noir.

On croit généralement, dans le commerce de la chapellerie, que les chapeaux dits imperméables sont plus difficiles à teindre que les autres : c'est une erreur très-grande, accréditée par quelques teinturiers; tout le secret consiste à les tenir moins long-temps en chaudière et à les saisir dans l'eau fraîche en les sortant de la cuve. Saturés par l'apprêt, leurs feutres absorbent moins d'ingrédiens que les chapeaux ordinaires et prennent plus vite le noir.

Il est incontestable que la qualité de l'étoffe, la matière dont elle est travaillée, le foulage et l'apprêt contribuent à faire ressortir plus ou moins l'éclat du noir.

En teinture, pour arriver à un résultat satisfaisant, il fallait abandonner la vieille routine, essayer séparément les ingrédiens employés jusqu'à ce jour, les combiner entr'eux, se rendre un compte exact de leur mode d'action sur les chapeaux, éliminer les substances inutiles et remplacer les nuisibles par d'autres qui ne le fussent pas. J'ai entrepris cette tâche difficile; heureux si mes efforts peuvent être de quelque utilité !

INGRÉDIENS EMPLOYÉS JUSQU'A CE JOUR POUR TEINDRE LES CHAPEAUX EN NOIR.

1° Bois de Campèche. . 5/6^{e} } en tout ½ livre, ou à peu près,
2° Bois jaune. . . . . 1/6^{e} } par chapeau.
3° Acétate de cuivre (vert de gris, verdet).
4° Sumac, ou noix de galle.
5° Proto-sulfate de fer (couperose verte) seul ou avec
6° Sur-sulfate de cuivre (vitriol bleu, couperose bleue, vitriol de Chypre.)

Quelques teinturiers remplacent ces deux ingrédiens par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le vitriol de Saltzbourg. Outre le sulfate de fer, il contient du sulfate de cuivre.

7° Gomme arabique ou gomme de pays.

Par ce procédé, les teinturiers en chapeaux obtiennent un noir éclatant, non solide.

Le bois de Campèche agit de deux façons : 1° comme corps tannant ou feutrant; 2° uni à l'acétate de cuivre (vert-de-gris, verdet), il donne un pied de bleu très-favorable au noir auquel il procure de l'éclat, surtout lorsqu'on y joint un sixième de bois jaune; mais les acides ou l'action prolongée du soleil tournent en un très-beau rouge cette couleur bleue, ainsi que le noir assis sur une base aussi peu solide.

J'ai essayé d'y substituer l'écorce de chêne, de marron d'Inde, la racine de fraisier, celle de bistorte, etc.; mais ces corps contenant trop de tannin, rendaient mes feutres trop durs et leur donnaient une couleur brune qui persistait. Les copeaux de bois de chêne paraissaient devoir mieux réussir : en effet, cinq échantillons teints de la même manière que les cinq essais décrits ci-après (excepté la décoction de bois d'Inde qui avait été remplacée par celle de copeaux de bois de chêne) m'avaient donné quelque espoir, en ce que les acides ne changeaient pas leur couleur; mais leur bois n'était pas assez beau et n'aurait pu être de défaite dans le commerce : aussi suis-je convaincu qu'on ne peut obtenir de beau noir sans bois d'Inde.

La gomme absorbe en partie l'acide sulfurique abandonné dans le bain par le proto-sulfate de fer (couperose verte), le vitriol de Salzbourg, ou le sur-sulfate de cuivre (vitriol bleu, couperose bleue, vitriol de Chypre); son emploi est d'ailleurs nécessaire pour empêcher le fer de se précipiter trop promptement; elle donne de l'éclat au noir.

Lorsqu'un chapeau est passé dans l'eau tiède légèrement acidulée par l'huile de vitriol, non-seulement il perd le bronze qu'il avait en sortant de teinture; mais en séchant il acquiert un noir pesant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

J'ai long-temps partagé l'opinion des personnes qui croyaient que le magma contenu dans la cuve était nuisible à la teinture des chapeaux; mais trois années d'expériences réitérées avec beaucoup de soin m'ont prouvé que le chapeau enduit de cette boue épaisse prenait plus vite le noir que celui qui n'en était pas recouvert.

La noix de galle a une affinité très-grande pour le fer et forme avec lui le gallate de fer, base fondamentale de toute teinture; on pourrait cependant employer le sumac, mais avec moins d'avantage.

En remplaçant la couperose par le pyrolignate de fer, on obtient un plus beau noir et l'étoffe souffre moins.

L'acétate de fer donne une teinte rouge au noir, et coûte plus cher que le pyrolignate. On doit avoir soin de passer ce dernier dans un tamis en fer ou en laiton avant de l'employer.

Pour avoir un noir plus solide, on peut donner un pied de bleu aux chapeaux avant de les mettre en teinture, soit par la cuve à la couperose, soit par la cuve d'Inde. Il en coûterait fort peu par chapeau en montant chez soi la dernière de ces cuves. La première ne coûte presque rien à établir.

En teinture, l'action du calorique est très-importante à considérer.

Les chapeaux prennent le noir avec une grande vitesse lorsqu'on monte rapidement le bain dans lequel ils sont à un certain degré de chaleur; le contraire a lieu lorsque la chaleur est modérée. Cependant, si l'on voulait avoir un beau noir en employant le pyrolignate de fer, il faudrait agir longuement et à une température de 30 à 50 degrés thermomètre de Réaumur.

DIFFÉRENS ESSAIS FAITS PAR MOI POUR TEINDRE LES CHAPEAUX EN NOIR.

Préparations préliminaires.

Bois d'Inde en copeaux.	Faire bouillir pendant deux heures dans une quantité d'eau suffisante, le retirer ensuite, passer la décoction au tamis avant de s'en servir.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Noix de galle en sorte. } Faire cuire avec quatre fois son volume d'eau dans une marmite en cuivre, l'écraser ensuite et la passer au tamis de fer ou laiton.

Pyrolignate de fer. — Le passer avant de s'en servir.

Gomme arabique. } La faire fondre dans l'eau chaude et la passer avant de s'en servir.

Cuve d'Inde. } Faire usage de celle décrite par M. Vitalis dans son *Cours élémentaire de teinture*, p. 207.

Cuve à la couperose.

Se servir de celle décrite par le même auteur, p. 20; mais l'employer à chaud. Pour vous en servir, percez la tonne en bois dans laquelle elle est montée, à la réunion de ses deux tiers supérieurs avec le tiers inférieur; mettez-y une bonde un peu longue afin de pouvoir prendre du teint dans un seau, sans troubler le fond de la cuve; ayez soin de pallier avec un bâton une demi-heure avant de vous en servir.

INGRÉDIENS EMPLOYÉS POUR MES ESSAIS.

Premier essai.

1° Décoction du bois de Campêche.
2° Noix de galle en sorte.
3° Pyrolignate de fer.
4° Gomme arabique.

} Chaleur de 30 à 60 d° thermom. de Réaum.

Deuxième essai.

Piétage en bleu par la cuve à la couperose.

1° Décoction de bois de Campêche.
2° Noix de galle en sorte.
3° Pyrolignate de fer.
4° Gomme arabique.

} Chaleur de 30 à 60 d° thermom. de Réaum.

Troisième essai.

Piétage en bleu par la cuve d'Inde.

1° Décoction de bois de Campêche.
2° Noix de galle en sorte.
3° Pyrolignate de fer.
4° Gomme arabique.

} Chaleur de 30 à 60 d° thermom. de Réaum.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quatrième essai.

1° Décoction de bois de Campêche.
2° Acétate de cuivre, verdet.
3° Noix de galle en sorte.
4° Pyrolignate de fer.
5° Gomme arabique.

} Chaleur de 30 à 75 d° thermom. de Réaum. feu couvert.

Cinquième essai.

Chapeau dit imperméable.

1° Décoction de bois de Campêche.
2° Noix de galle en sorte.
3° Pyrolignate de fer.
4° Gomme arabique.

} Chaleur de 30 à 70 d° thermom. de Réaum.

MANIPULATIONS.

PREMIER ESSAI (1).

Premier engallage dans le bain de Campêche.

Décoction de bois d'Inde, quantité suffisante pour que le chapeau trempe à l'aise. Copeaux de bois d'Inde demi-livre. J'y ajoute, noix de galle en sorte cuite, comme il a été dit ci-dessus, deux onces.

Après avoir chauffé ce bain à 30 degrés thermomètre de Réaumur, j'y mets mon chapeau pendant une heure et demie, fais monter le bain à 60 degrés presqu'aussitôt la mise en chaudière, et maintiens à cette chaleur; je lève et fais égoutter.

Premier emploi du pyrolignate de fer.

Dans une quantité d'eau suffisante pour que le chapeau trempe à l'aise, je mets une chopine de pyrolignate de fer. Après avoir chauffé à 30 degrés, j'y mets mon chapeau pen-

(1) Il est important de remarquer qu'il faut une quantité plus considérable d'ingrédiens pour teindre un chapeau seul, qu'il n'en faudrait pour le teindre avec d'autres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dant 3 heures; je monte graduellement la chaleur du bain à 60 degrés et la laisse descendre de même à 30 degrés. J'évente de demi en demi-heure pendant les 4 premières heures; j'abats ensuite pendant les deux dernières; je lève et laisse égoutter.

Deuxième engallage dans le bain de Campéche.

J'ajoute au premier engallage une once et demie de noix de galle cuite et une chopine d'eau pour que le chapeau trempe à l'aise, je fais chauffer à 30 degrés, et m'en sers comme la première fois en mettant la chaleur au même degré; j'évente de demi en demi-heure.

Deuxième emploi du pyrolignate de fer.

Au premier bain de pyrolignate j'en ajoute un demi-setier (le quart de la pinte ou 2 décilitres 3 centilitres (1). Je chauffe à 30 degrés et mets en cuve. Je me comporte ensuite absolument comme pour le premier bain ferrugineux.

Troisième engallage dans le bois de Campéche.

Ce bain est neuf, préparé de la même manière que le premier, chauffé de même. On s'en sert également, si ce n'est que l'on évente de demi en demi-heure comme dans le second.

Troisième emploi du pyrolignate de fer.

Ce bain est neuf, préparé de la même manière que le premier. On s'en sert de même.

Quatrième engallage dans le bain de Campéche.

J'ajoute au troisième engallage une once et demie de noix de galle cuite, etc., fais chauffer à trente degrés, et me comporte comme pour le deuxième engallage.

---

(1) Je compte par pinte ou neuf décilitres trois centilitres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quatrième emploi du pyrolignate de fer.

Au troisième bain ferrugineux j'ajoute demi-setier de pyrolignate de fer, une once de gomme arabique dissoute; comme il a été dit ci-dessus, rafraîchis le bain avec une chopine d'eau, fais chauffer à 30 degrés, mets en cuve, et me comporte comme pour les bains précédens. Je lève, lave à la rivière, fais sécher aux étuves, mets sur forme et lustre.

DEUXIÈME ESSAI.

Piété en bleu par la cuve à la couperose (1).

Dans une décoction faite avec une demi-livre de bois d'Inde, 2 onces de noix de galle en sorte, cuite comme il a été dit ci-dessus, j'ajoute 4 litres de bleu de la cuve à la couperose, je fais chauffer à 30 degrés, mets mon chapeau pendant une heure et demie, fais monter le bain à 60 degrés presque aussitôt la mise en chaudière, et maintiens à cette chaleur. Je lève et fais égoutter.

Je me comporte pour le reste exactement de même que pour le premier essai, regardant ce piétage en bleu comme premier engallage dans le bain de Campêche, et me sers de ce bain pour deuxième engallage, comme je me suis servi du premier bain de Campêche dans l'essai précédent. En un mot, ce deuxième essai ne diffère du premier que par les 4 litres de bleu de la cuve à couperose que j'y ai ajoutés.

TROISIÈME ESSAI.

Piété en bleu par la cuve d'Inde (2).

Avant de teindre ce chapeau, je lui ai fait donner un pied de bleu *pers* par la cuve d'Inde. Après avoir été lavé, séché et baguetté, je l'ai teint exactement comme mon premier essai.

---

(1) Voyez plus haut *cuve à la couperose*.

(2) Voyez plus haut *cuve d'Inde*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

QUATRIÈME ESSAI.

Premier engallage et piétage en bleu dans le bain de Campêche, auquel j'ai ajouté du verdet.

Dans une décoction faite avec demi-livre de bois de Campêche, j'ajoute noix de galle en sorte, cuite comme il a été dit ci dessus, deux onces; verdet (acétate de cuivre) une once et demie. Après avoir chauffé à 30 degrés ce bain, qui doit être suffisant pour qu'un chapeau y trempe à l'aise, je mets en cuve pendant une heure, je fais monter rapidement la chaleur à 70 degrés, et je conserve ainsi; je lève et j'évente.

Premier emploi du pyrolignate de fer.

Dans une quantité d'eau suffisante pour que le chapeau trempe à l'aise, je mets une chopine de pyrolignate de fer. Après avoir chauffé à 30 degrés, j'y mets mon chapeau pendant une heure, fais monter rapidement la chaleur à 70 degrés; je lève et j'évente.

Deuxième engallage, etc.

C'est le même que le premier, dans lequel j'ajoute demi-once de noix de galle, demi-once de verdet; j'y mets en teinture de même que la première fois.

Deuxième emploi du pyrolignate.

Au premier bain de pyrolignate j'en ajoute un demi-setier, mets mon chapeau lorsque le bain est à 30 degrés, fais monter à 70, et me comporte exactement comme la première fois.

Troisième engallage, troisième emploi du pyrolignate, ensemble.

Ce bain est neuf et composé ainsi :

Décoction faite avec demi-livre de bois de Campêche, quantité suffisante pour que le chapeau puisse tremper à l'aise.

Gomme arabique, une once.

Noix de galle préparée comme ci-dessus, deux onces.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Verdet (acétate de cuivre), une once et demie.

Je fais chauffer à 30 degrés, puis j'ajoute :

Une chopine de pyrolignate de fer.

Je mets mon chapeau en cuve pendant une heure, ayant eu le soin de monter mon bain à 70 degrés presque aussitôt la mise en chaudière. J'évente ensuite pendant demi-heure, puis remets en chaudière à 45 degrés, fais monter rapidement à 75, laisse ainsi pendant un quart-d'heure, couvre mon feu, laisse descendre à 60 degrés, et retire après une immersion d'une heure en tout; je lève, lave à la rivière, fais sécher aux étuves, mets sur forme et lustre.

N. B. J'ai répété très-exactement ce quatrième essai, en substituant deux livres et quart de couperose verte aux deux chopines et demi-setier de pyrolignate de fer.

Ces deux essais étaient extrêmement beaux.

CINQUIÈME ESSAI.

Chapeau dit imperméable.

Ce chapeau a été teint par un procédé semblable à mon premier essai, excepté qu'il n'est resté qu'une heure dans chaque bain ferrugineux, que j'ai monté la chaleur à 70 degrés au lieu de 60, et qu'il a été plongé dans un seau d'eau froide chaque fois que je l'ai ôté de la chaudière, afin que l'apprêt (fait avec la gomme laque dissoute dans l'esprit de vin) restât dans le feutre. Lavé à l'eau chaude, séché, dressé et lustré.

N. B. J'ai répété cet essai en substituant deux livres de couperose verte au litre et demi de pyrolignate de fer.

Ces deux essais étaient d'un très-beau noir.

J'ai joint ci-contre un tableau comparatif des différens essais décrits ci-dessus, dans lequel on trouve la dose d'ingrédiens employés pour un chapeau et ce qu'il en faudrait pour cent, le temps pendant lequel les feutres ont été tenus dans la cuve, le degré de chaleur d'après le thermomètre de Réaumur, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tableau comparatif des cinq essais de teinture décrits ci-dessus.

Essai	Nombre de chapeaux.	Heures en chaudières.	Degrés de chaleur ther. Réaum.	QUANTITÉS D'INGRÉDIENS EMPLOYÉS. Pyroliguate de fer.	Couperose verte.	Verdet acétate de cuivre.	Décoction de bois d'Inde. Eau.	Décoction de bois d'Inde. Quant. de bois.	Noix de galle.	Gomme arabique.	PIETAGE.	OBSERVATIONS.
1er	1	18	30 à 60 d°	1 l. 3 déc. 9 cent. ou 1 pinte 1/2.			Quantité suffisante pour que les chapeaux trempent à l'aise et soient couverts par le bain.	1 liv.	9 onc. 1/2	1 once.		
Id.	100	Id.	Id.	80 pintes.				50 liv.	22 liv.	6 liv.	Cuv. à la couper. 4 litres. 40 litres. Cuve d'Inde. Id.	Ces trois échantillons ont été assez beaux.
2e	1	Id.	Id.	1 pinte 1/2.				1 liv.	9 onc. 1/2	1 once.		
Id.	100	Id.	Id.	80 pintes.				50 liv.	22 liv.	6 liv.		
3e	1	Id.	Id.	1 pinte 1/2.				1 liv.	9 onc. 1/2	1 once.		
Id.	100	Id.	Id.	80 pintes.				50 liv.	22 liv.	6 liv.		
4e	1	6	30 à 70; 75	5 demi-set.		3 onc. 1/2		1 liv.	4 onc. 1/2	1 once.		
Id.	100	Id.	Id.	78 pintes.		10 liv.		50 liv.	18 liv.	6 liv.		Noir pesant très-beau.
4e bis.	1	Id.	Id.		2 l. 4 onc.	3 onc. 1/2		1 liv.	4 onc. 1/2	1 once.		
Id.	100	Id.	Id.		150 liv.	10 liv.		50 liv.	18 liv.	6 liv.		
5e	1	10	30 à 60	1 pinte 1/2.				1 liv.	9 onc. 1/2	1 once.		
Id.	100	Id.	Id.	80 pintes.				30 liv.	22 liv.	6 liv.		Eu ajoutant du verdet et en ne mettant que 5 h. pour teindre, on obtiendrait un noir superbe.
5e bis.		Id.	Id.		2 liv.			1 liv.	9 onc. 1/2	1 once.		
Id.	100	Id.	Id.		140 liv.			30 liv.	22 liv.	6 liv.		

N.B. On voit qu'il faut une quantité d'ingrédiens bien moindre pour teindre 100 chapeaux ensemble que pour en teindre un isolément.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

VARIÉTÉS.

Comparaison de la mouture anglaise et de la mouture française.

D'après des expériences faites à blé égal, mais dont les résultats sont cependant susceptibles de variations selon le choix du blé ou la réussite de la mouture, il paraît que cent parties de blé moulu à l'anglaise donnent :

Farine propre au pain blanc.	58
Id. au pain bis.	14
Gros et petit son.	26
Déchet.	2
	100

Cent parties de blé moulu à la française donnent :

En 1re.	38.33 pour 10 fr.	65.99	farine propre au pain blanc.
En 2e dite 1er gruau.	19.16		
En 3e 2e	8.50		
En 4e 3e	5. »	8.33	farine bise.
En 5e 4e	3.33		
Remoulages et recoupettes.	12.50	23.33	issues.
Son gros et petit.	10.83		
Déchet.	2.35	2.25	déchet.
		100. »	

La mouture française donnerait donc plus de farine blanche, moins de farine bise, et moins de son que la mouture anglaise.

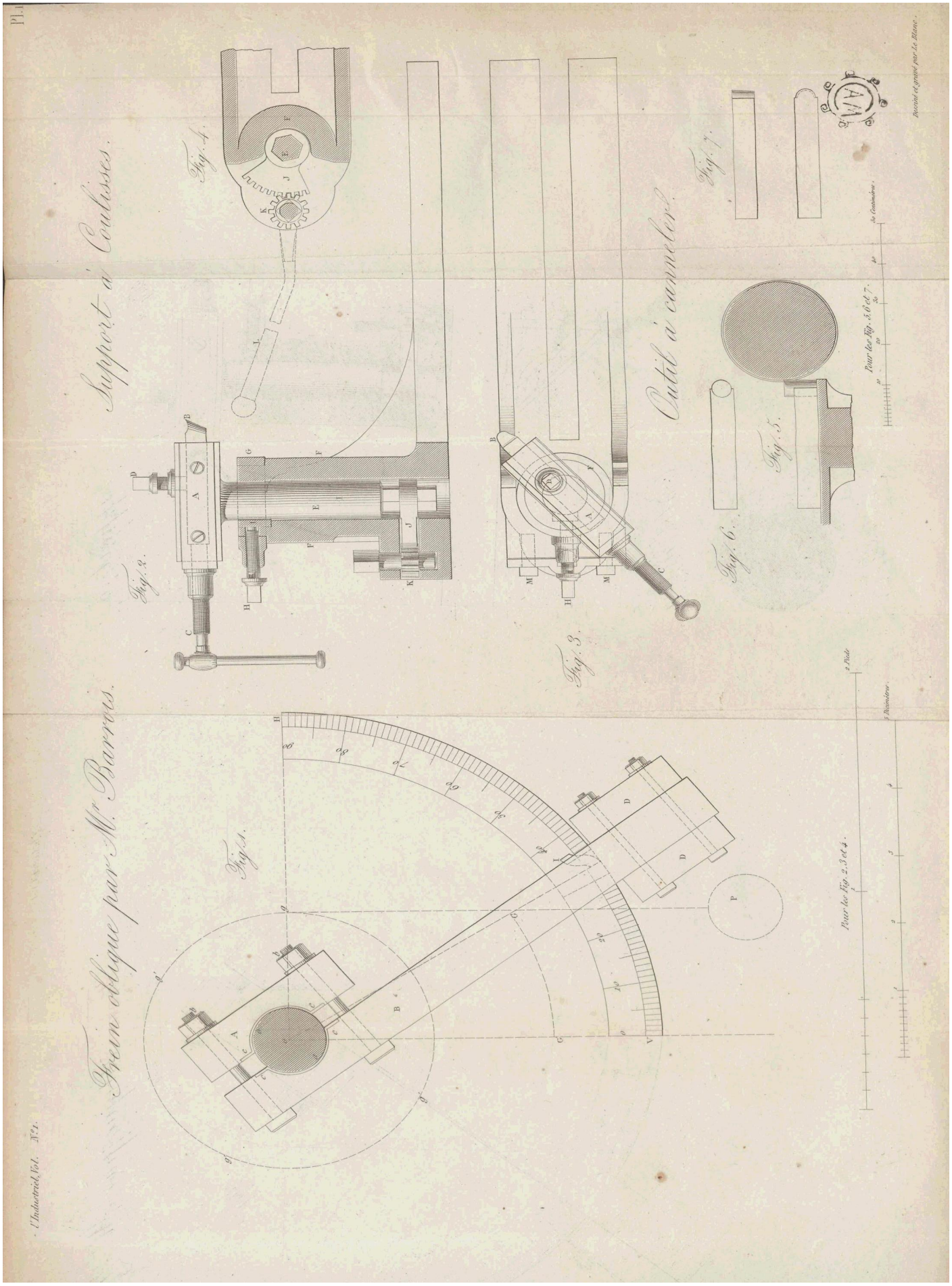
Mais, d'un autre côté, la mouture anglaise écraserait plus de grains dans un temps donné et à force égale, et produirait une farine plus belle.

On peut du reste apprécier les deux systèmes de mouture, et leurs résultats dans le beau moulin de M. Benoît, à St-Denis, où tous les deux sont mis en pratique. Une machine à vapeur de vingt chevaux met en mouvement le moulin anglais, composé de six tonneaux, et deux roues hydrauliques sont les moteurs du moulin français ; ce dernier se compose de 4 tonneaux. Les machines de ce moulin sont dues à l'infortuné Steele. Il est difficile de concevoir un ensemble plus parfait, et des communications de mouvemens mieux coordonnés.

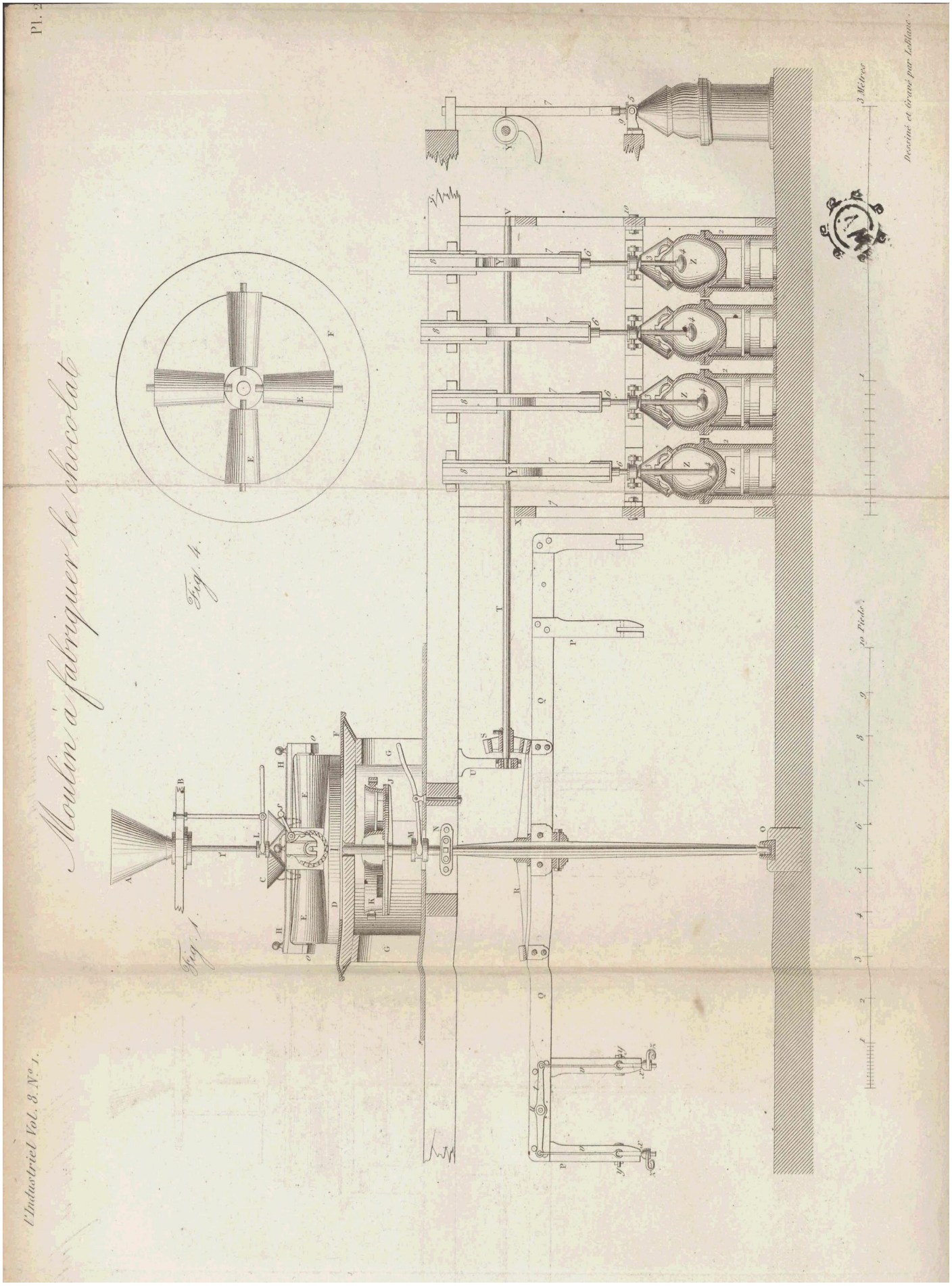
Ce moulin et ses accessoires, les bluttoirs, les tarares, etc., ont été décrits et dessinés dans l'important recueil de machines agricoles publié par M. Le Blanc. (*Le Temps.*)

Imprimerie de Selligue, rue des Jeûneurs, n. 14.

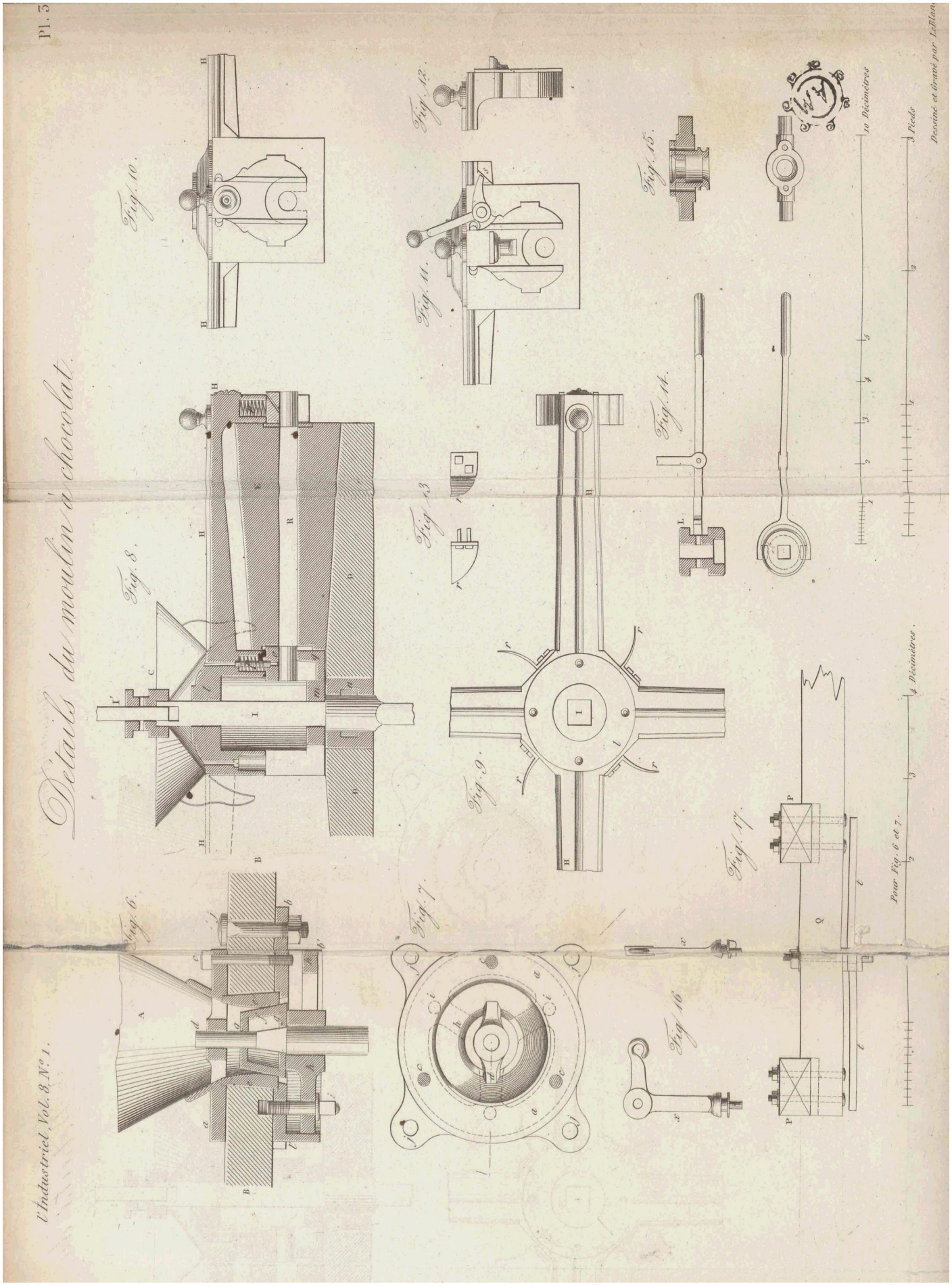
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

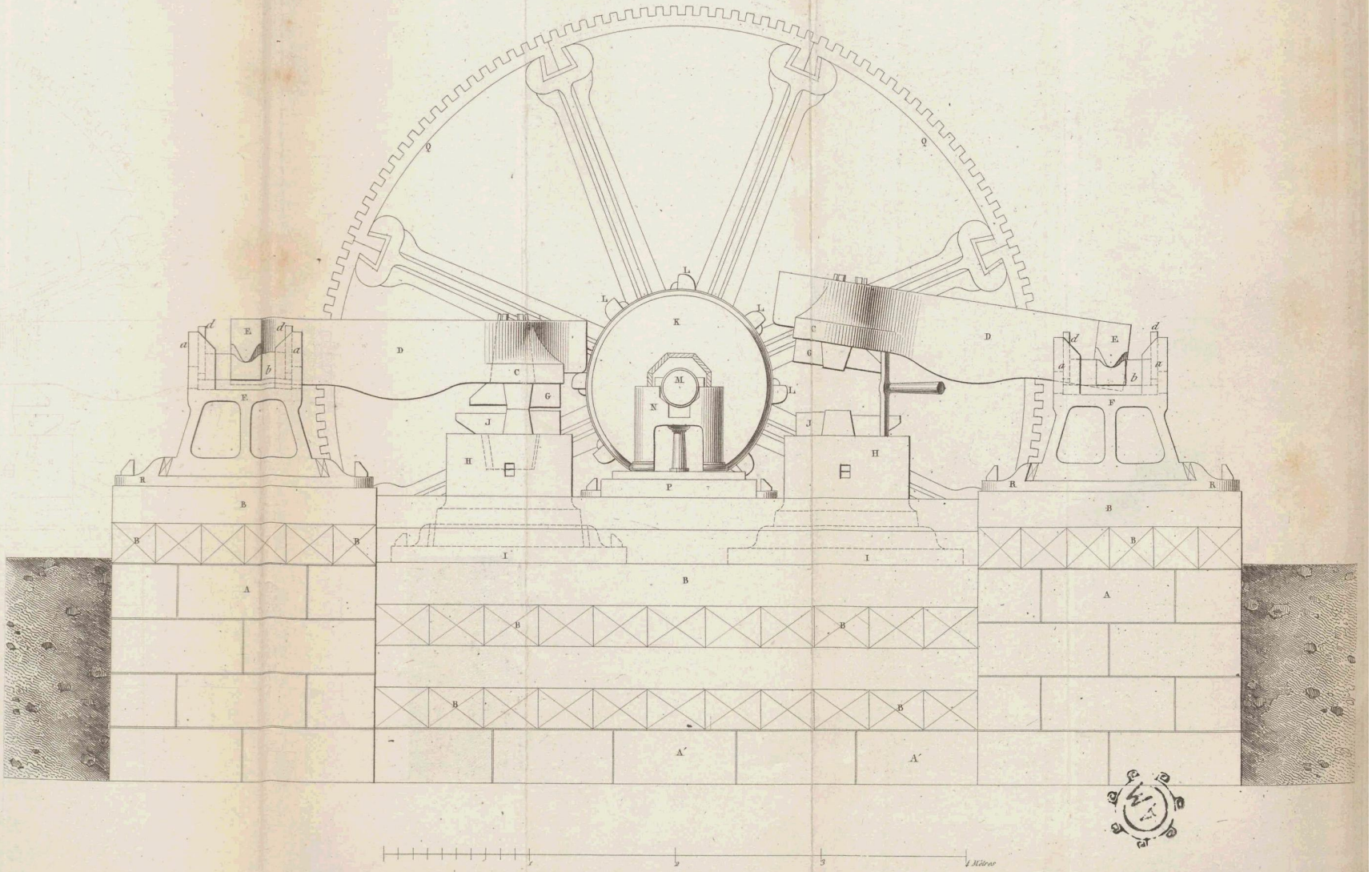


Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



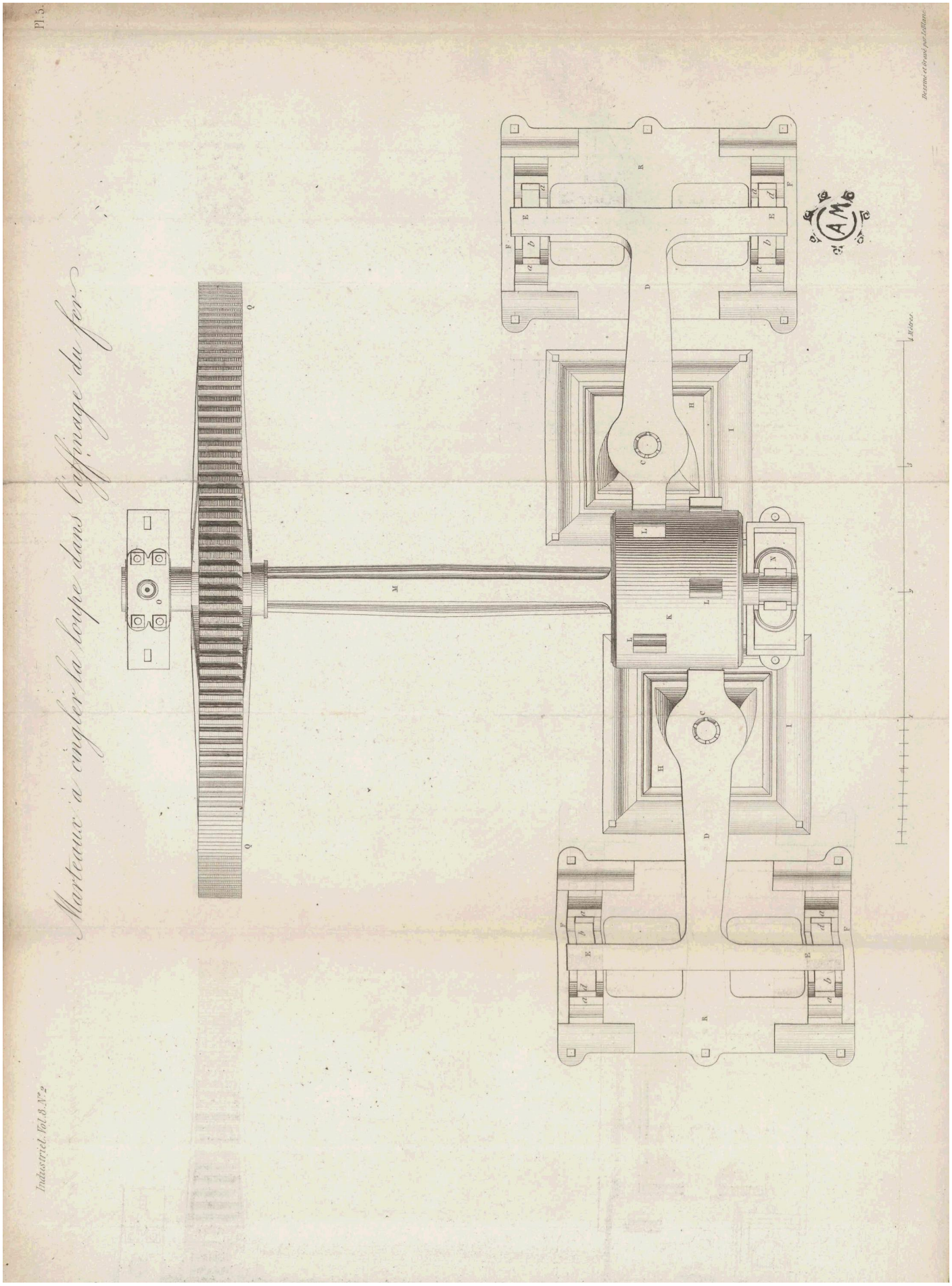
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Marteaux à cingler la loupe dans l'affinage du fer.

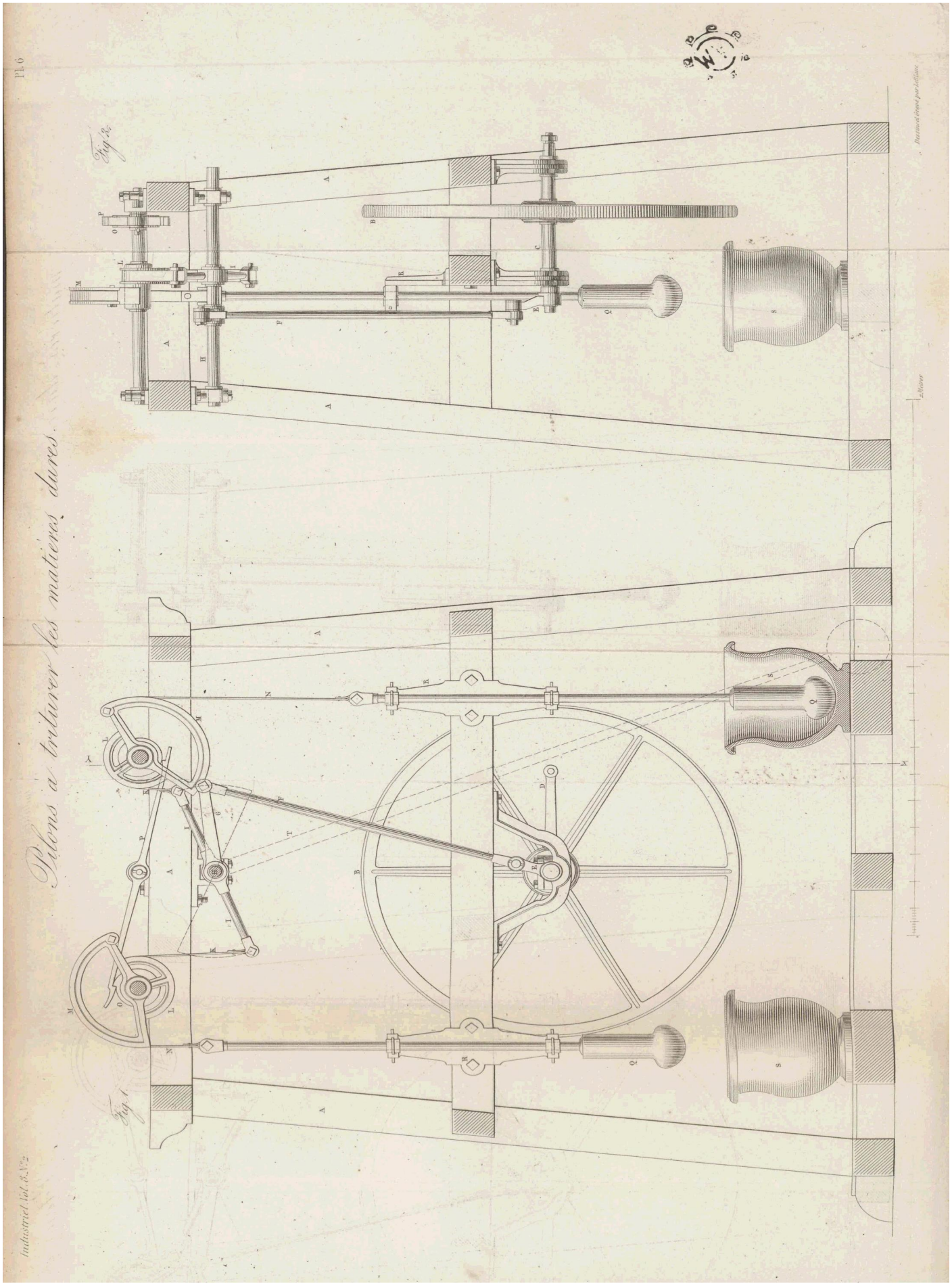


Dessiné et Gravé par Lelblanc.

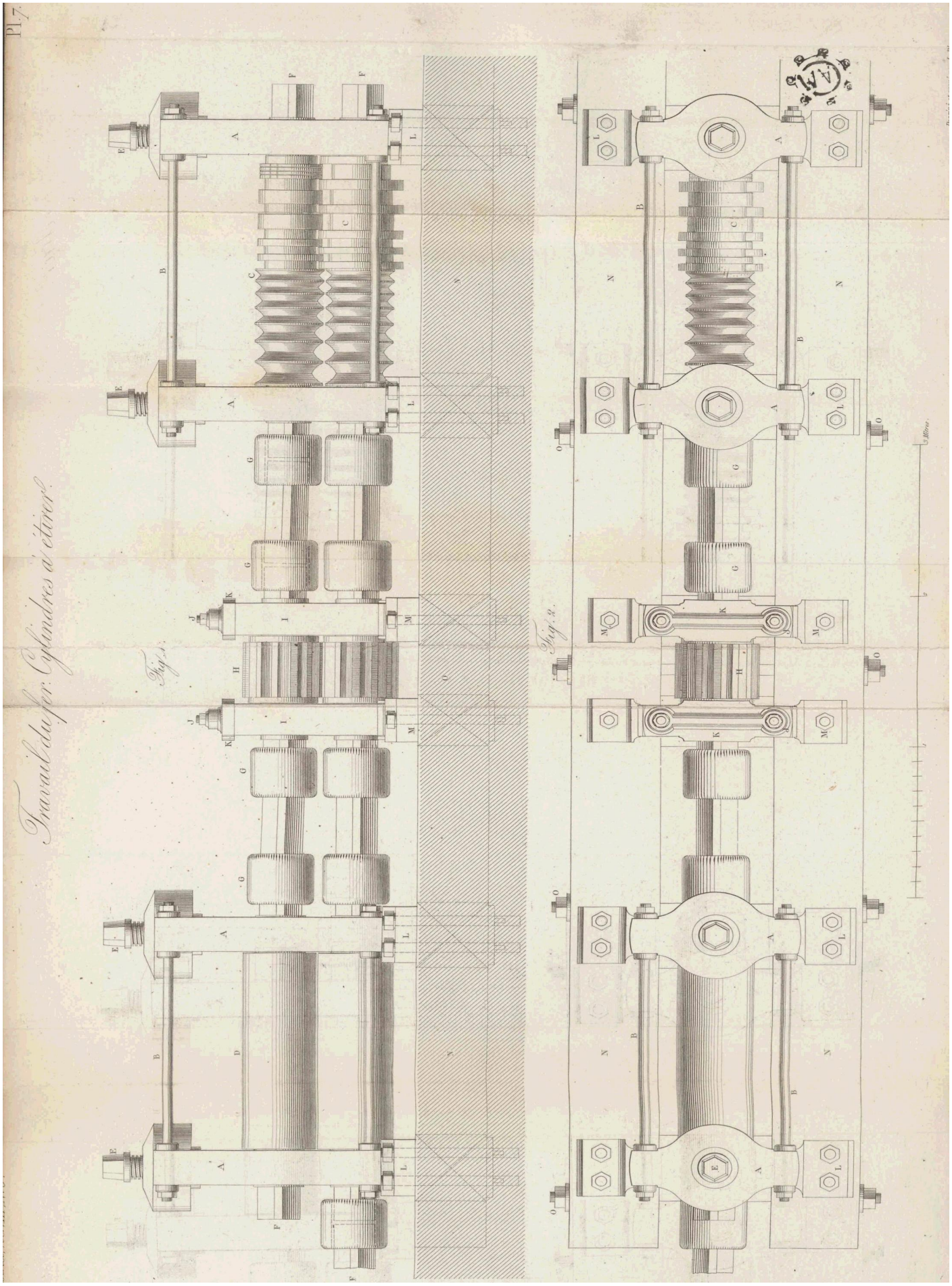
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



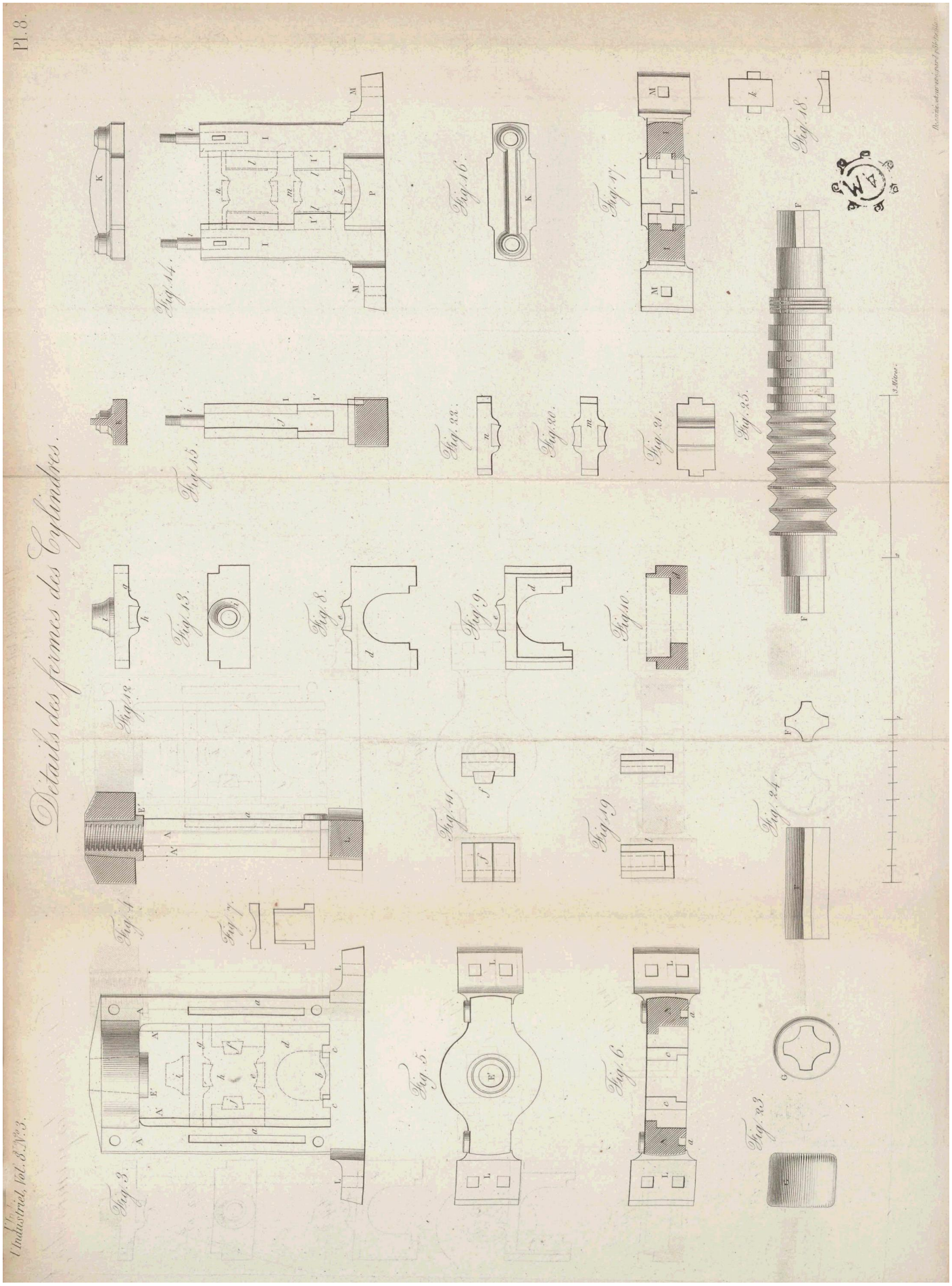
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



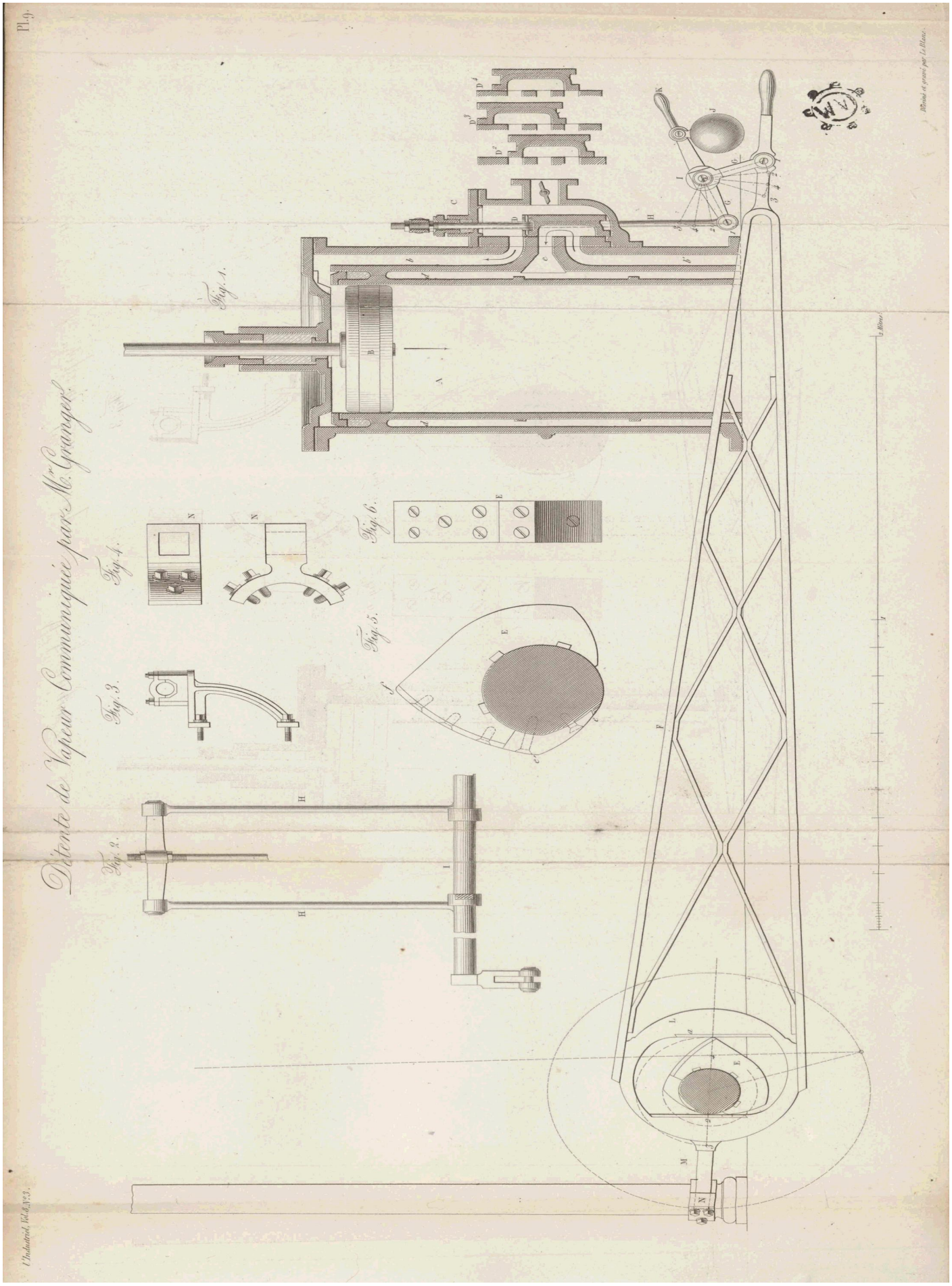
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



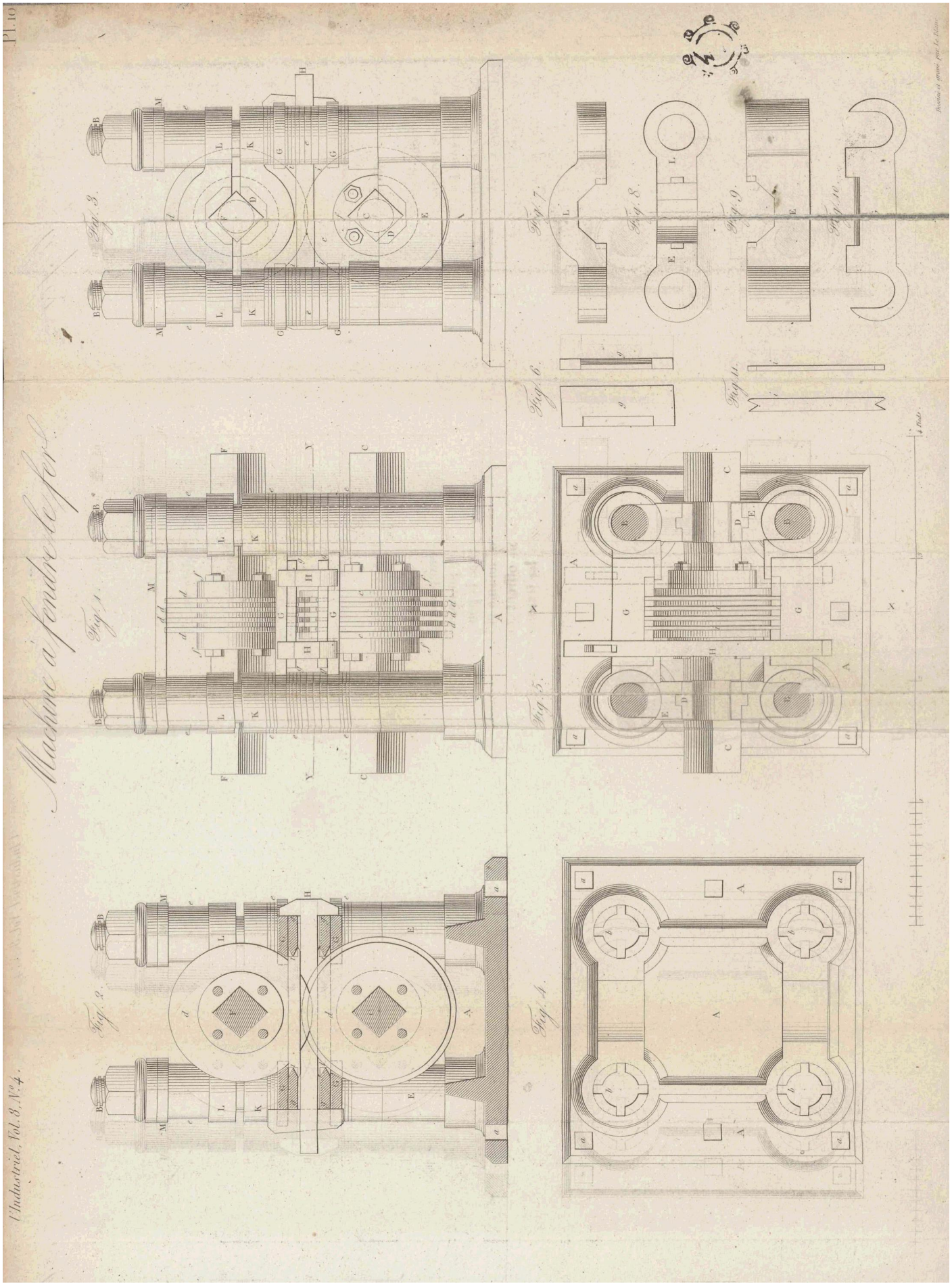
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



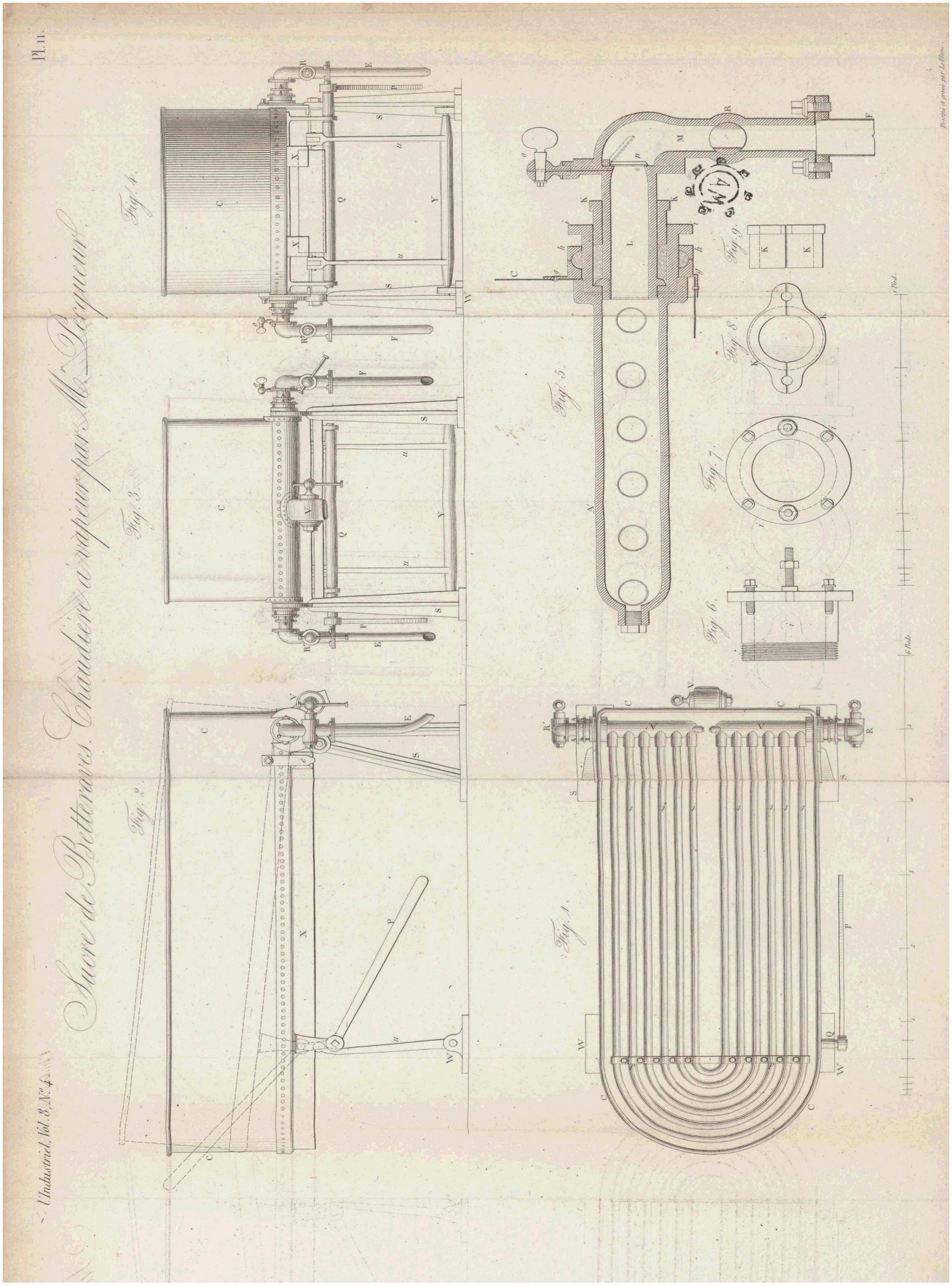
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



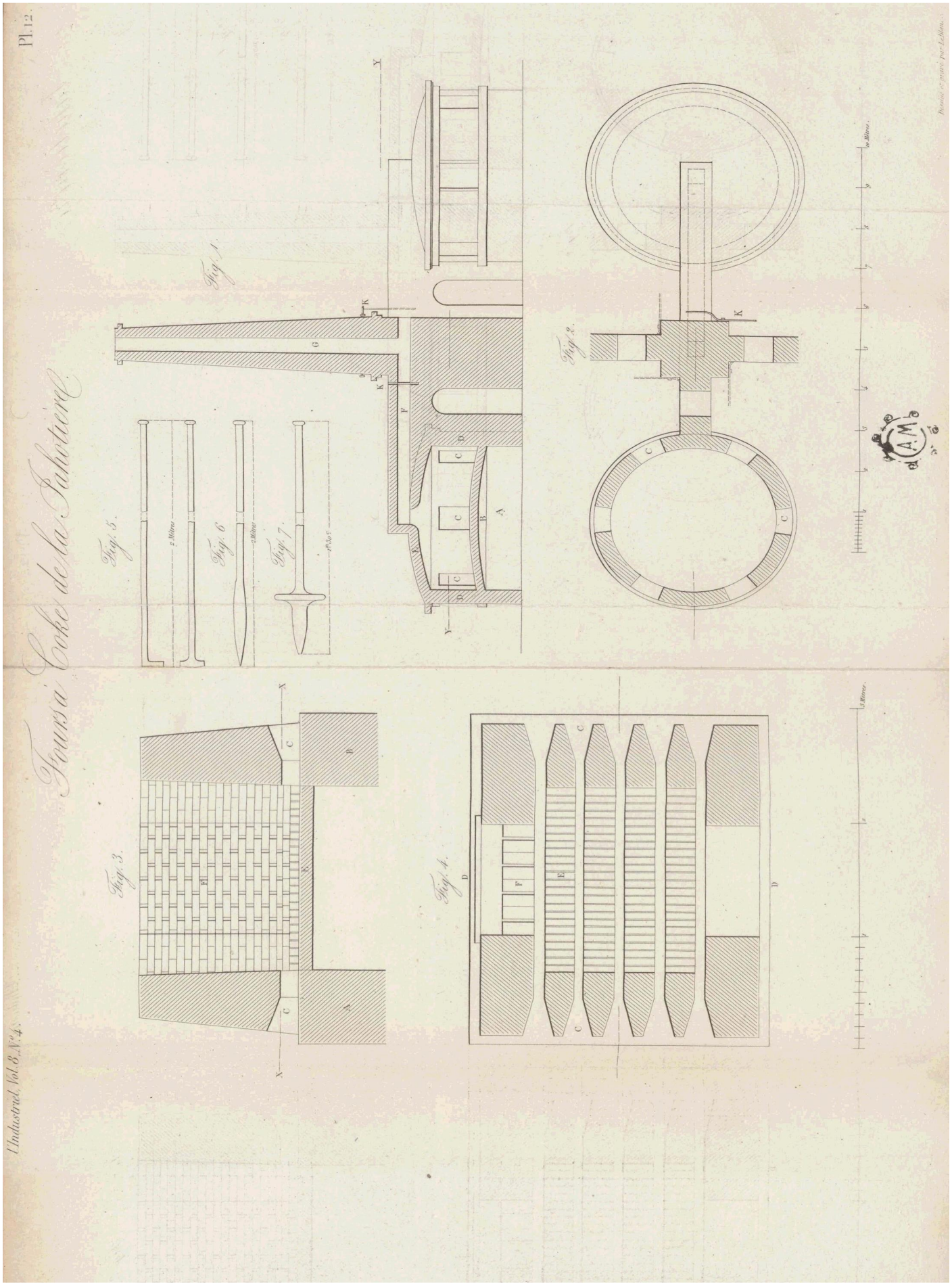
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



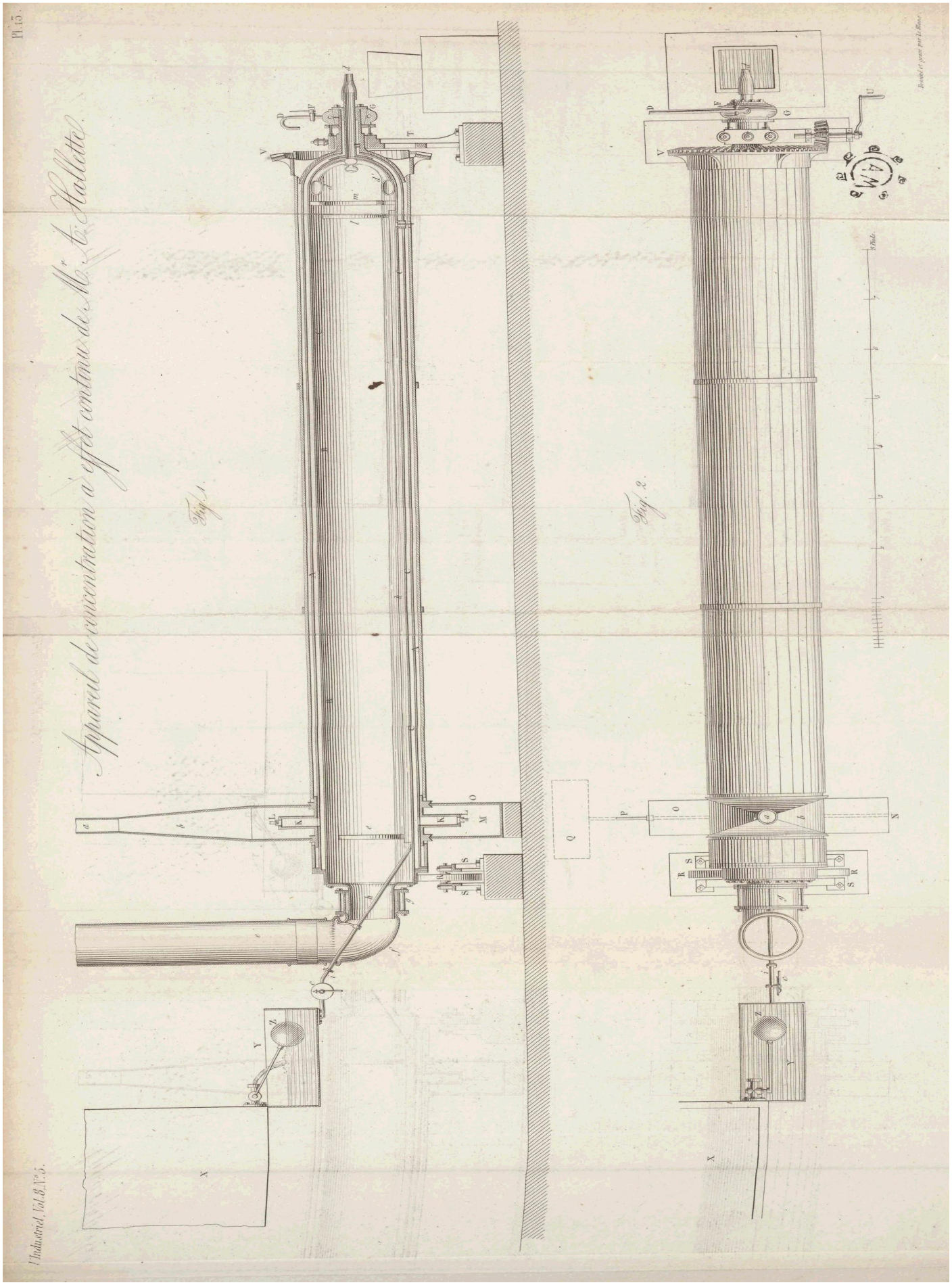
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



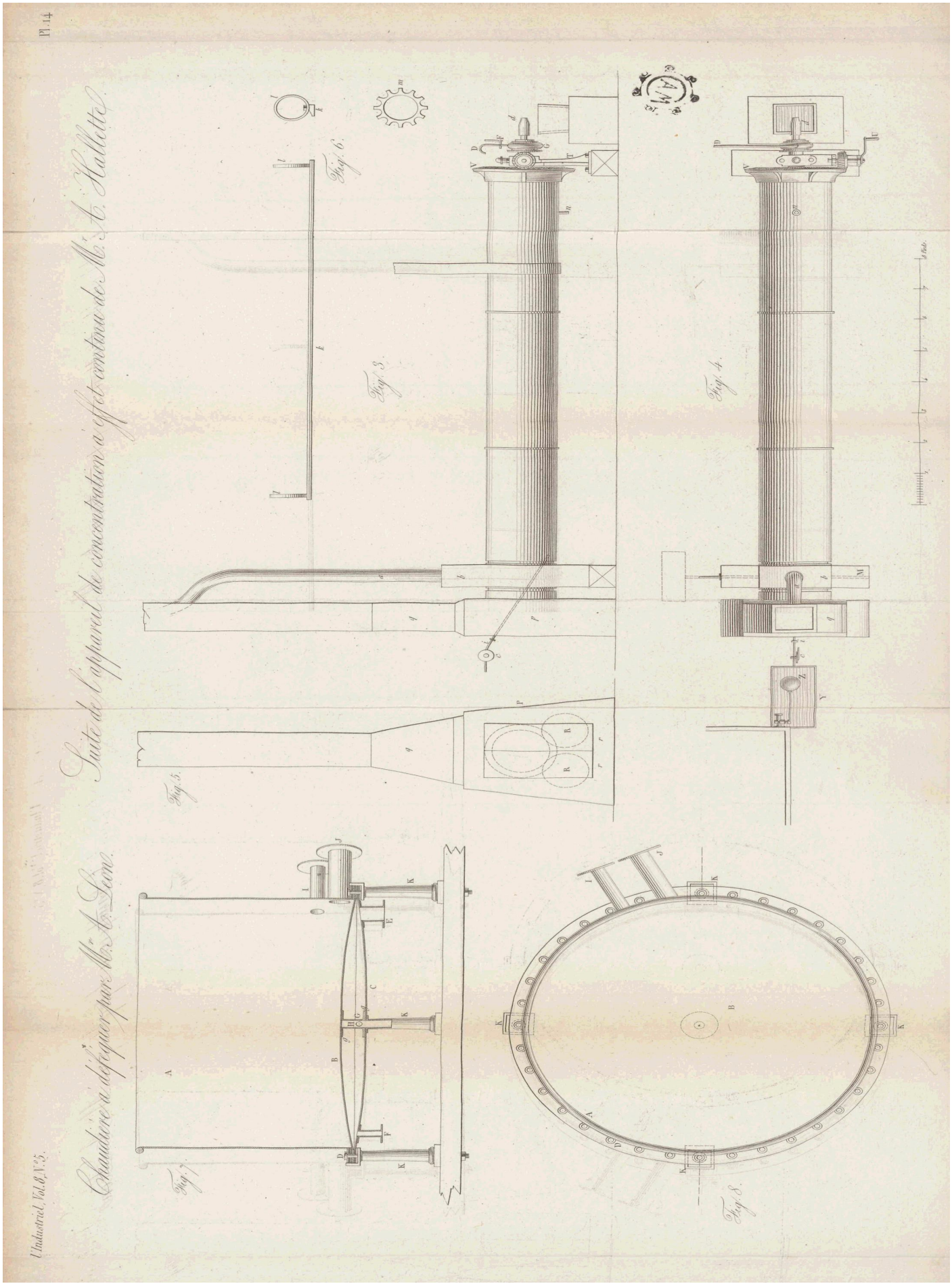
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



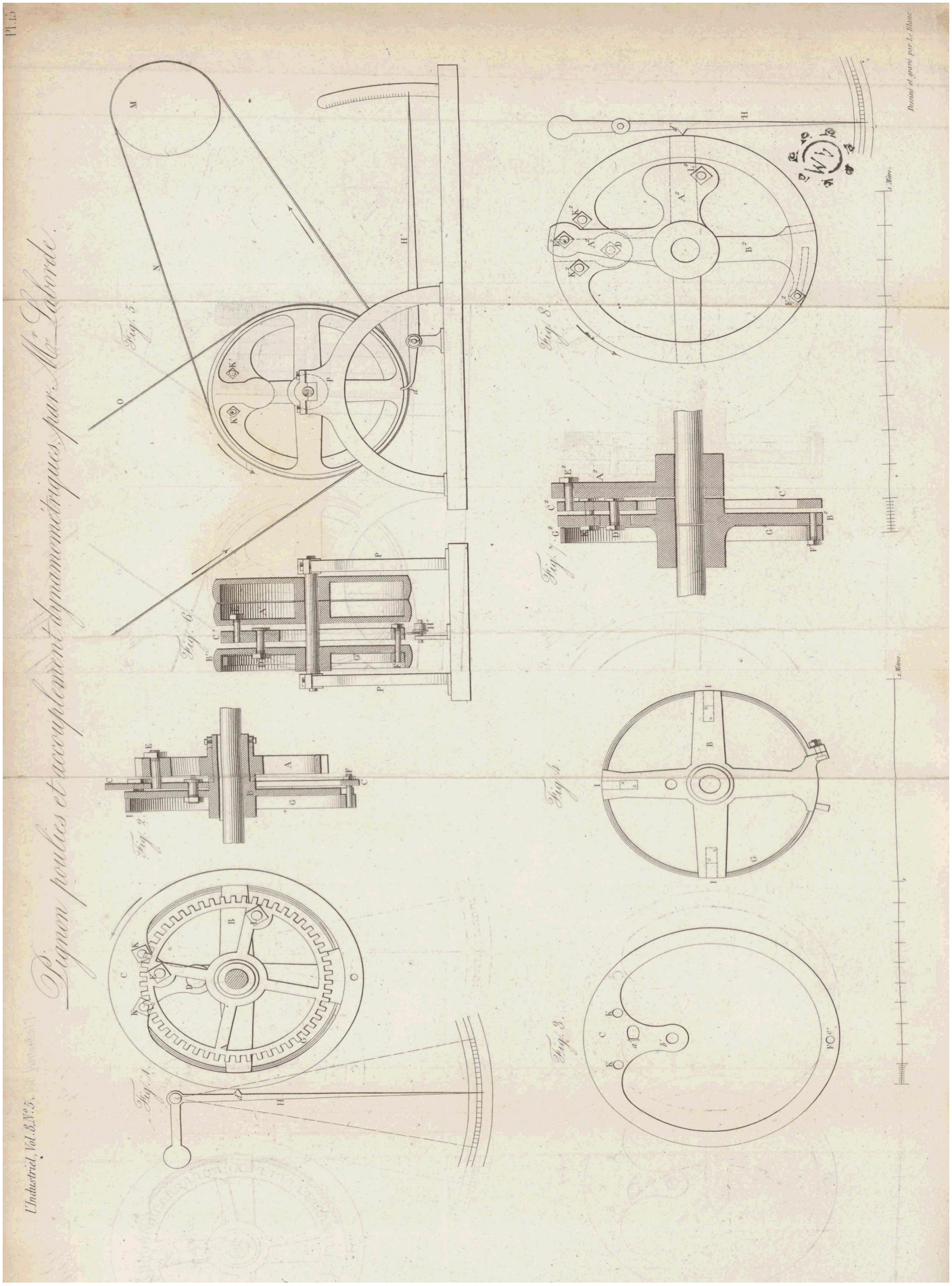
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



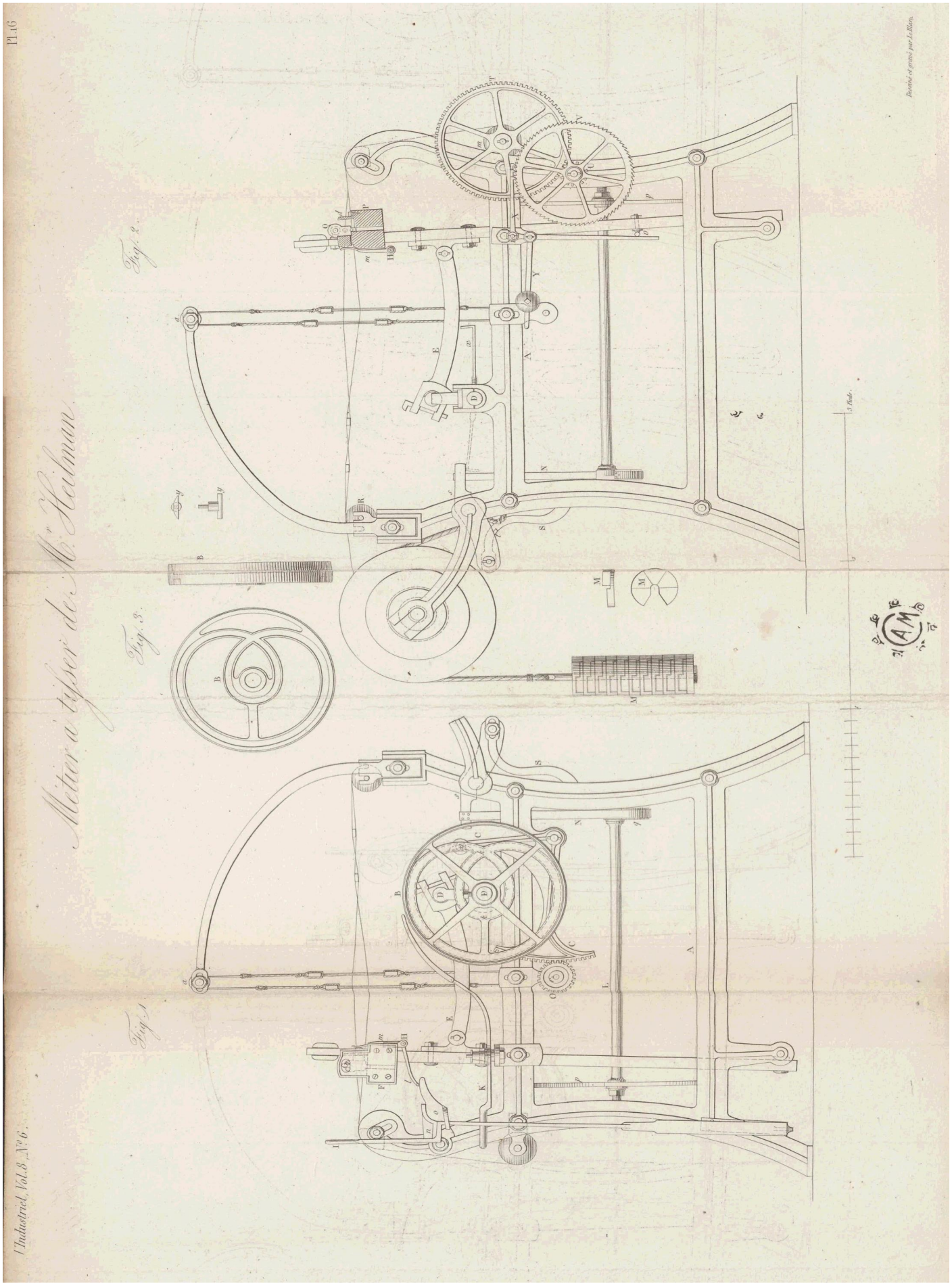
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



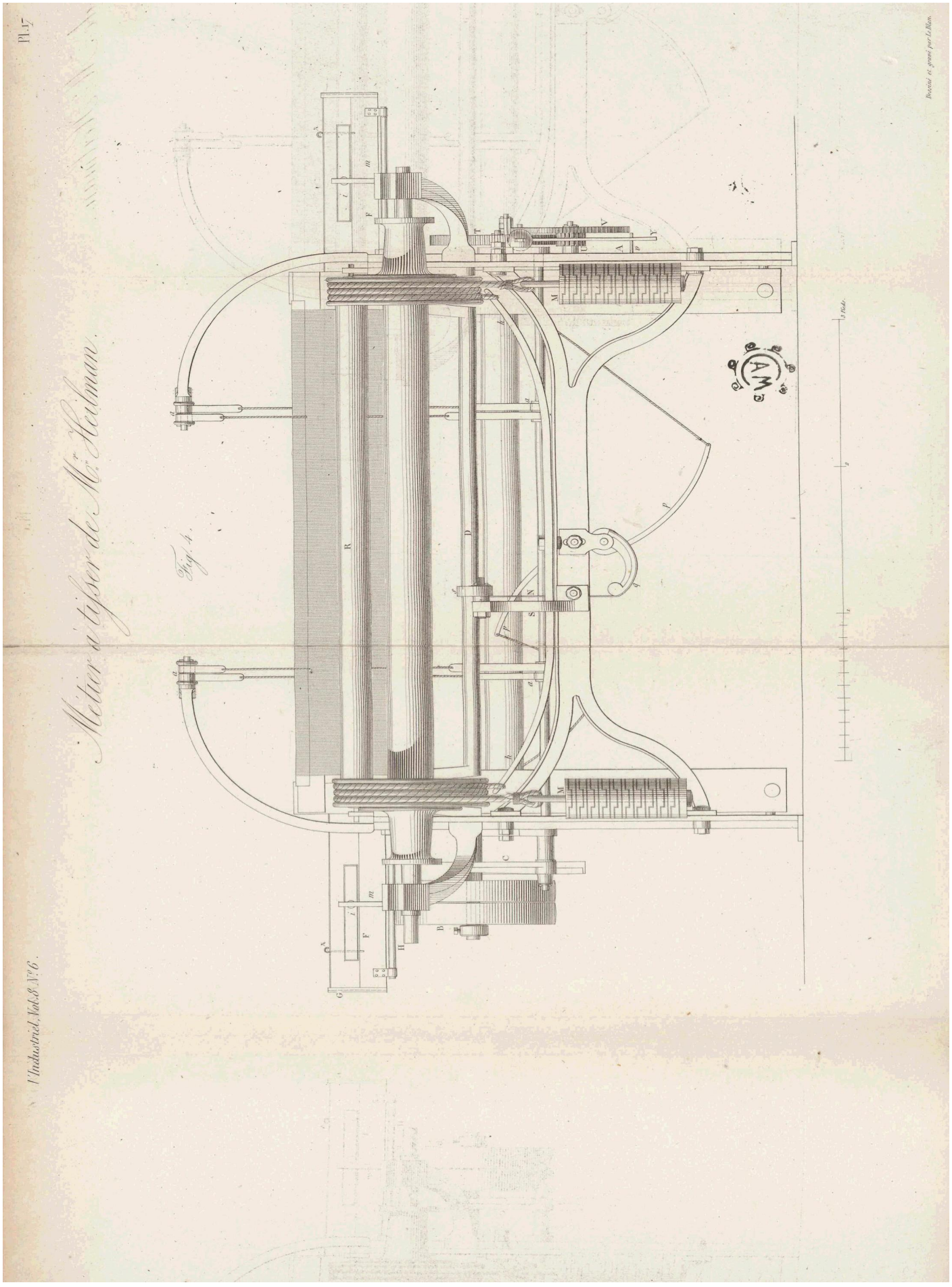
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



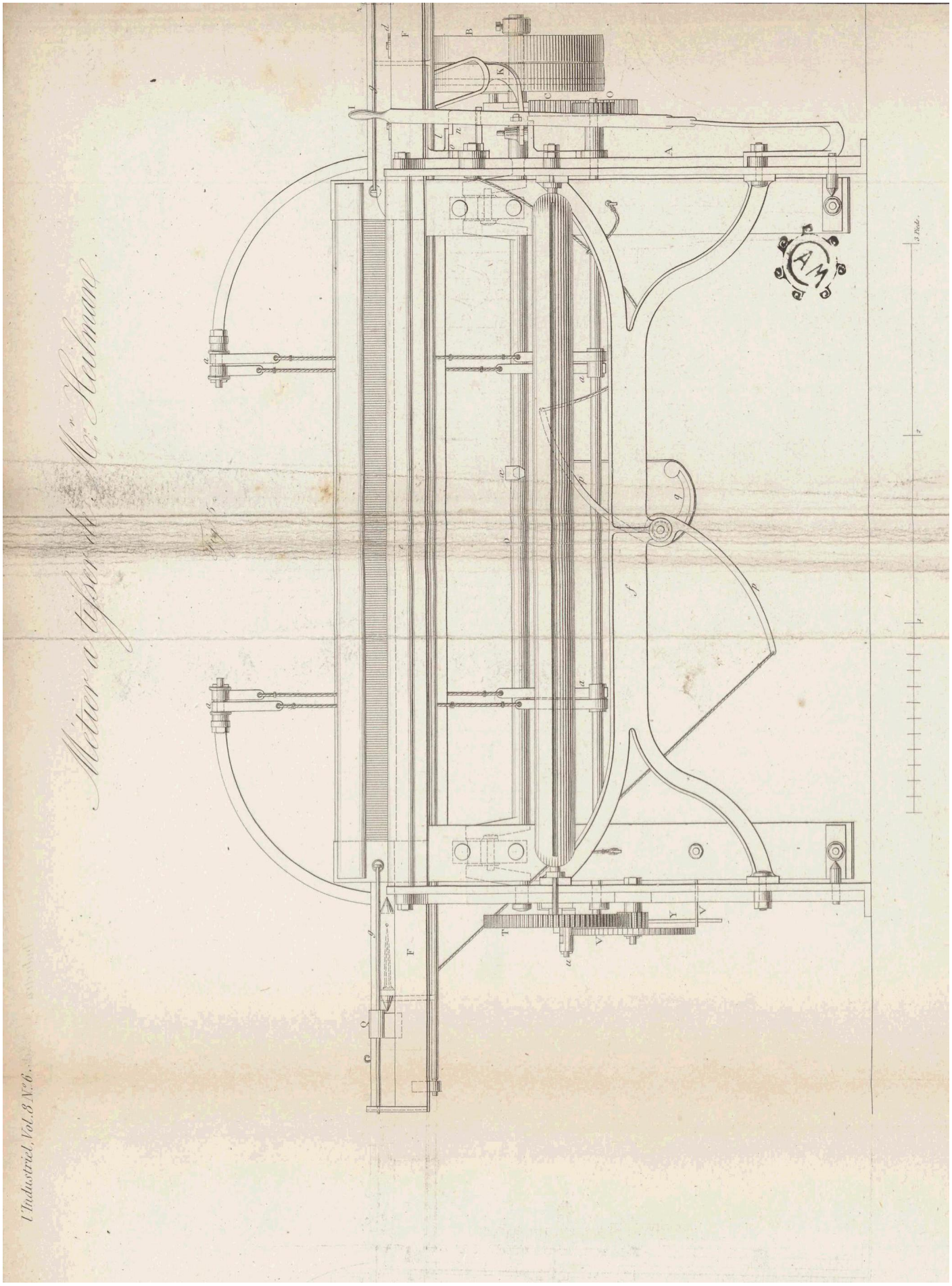
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires