

# **LE MÉCANICIEN**

**ANGLAIS.**

IMPRIMERIE DE J. BELIN-LEPRIEUR FILS,  
Rue de la Monnaie, 11.

LE  
**MÉCANICIEN ANGLAIS**

OU

DESCRIPTION PRATIQUE DES ARTS MÉCANIQUES

DE LA GRANDE BRETAGNE

**PAR J. NICHOLSON**

Ingénieur civil

**NOUVELLE ÉDITION**

ACCOMPAGNÉE DE CENT PLANCHES GRAVÉES

REVUE, CORRIGÉE ET AUGMENTÉE D'UN APPENDICE SUR

LES CHEMINS DE FER ET LES MACHINES A VAPEUR

**PAR FÉLIX ET PROSPER TOURNEUX**

Anciens élèves de l'École polytechnique

TOME PREMIER

PARIS

LEDENTU LIBRAIRE-ÉDITEUR

31, QUAI DES AUGUSTINS

—  
1842



---

---

# AVERTISSEMENT

DE

## LA NOUVELLE TRADUCTION.

---

La première traduction du *Mécanicien anglais* de NICHOLSON a paru en 1826. L'accueil favorable que cet ouvrage avait reçu en Angleterre avait fait penser qu'il ne plairait pas moins au public français.

Cette attente n'a pas été trompée ; et malgré le grand nombre d'exemplaires dont se composait l'édition française, elle fut promptement épuisée.

Cela n'a rien d'étonnant, si l'on veut bien faire attention que l'auteur anglais a résumé dans un cadre, cependant assez étroit, des notions relatives à tous les arts qui peuvent servir aux personnes appelées à construire et à exploiter des machines. Ces arts sont fort nombreux ; ils embrassent non seulement la mécanique dans toutes ses applications usuelles, mais encore la science des constructions dans les détails les plus minutieux. Qui ne comprend, en effet, que pour tirer parti d'une machine quelle qu'elle soit, il faut la placer dans

un local disposé convenablement pour la recevoir et en permettre l'exploitation? De là, l'indispensable nécessité d'avoir affaire aux maçons, plâtriers, charpentiers, menuisiers, vitriers, peintres, couvreurs, etc. Or, comment, nous ne dirons pas, construire soi-même, mais seulement apprécier l'exactitude d'un devis d'architecte et en surveiller avec fruit l'exécution si l'on ne possède aucune notion sur ces différents arts? Frappé de cette idée, l'habile ingénieur anglais auquel nous devons le présent *Traité*, a renfermé, sous le titre du *Mécanicien anglais*, un résumé clair, rapide et complet de chacun de ces arts si divers. Il est impossible de douter que ce ne soit à cette circonstance particulière que son livre a dû le succès avec lequel il a été accueilli en France et dans la Grande-Bretagne. On peut trouver dans d'autres ouvrages épars et volumineux les notions consignées dans le *Traité* de Nicholson; mais nul autre auteur, que nous sachions, n'a tenté avec autant de succès de les réunir en un seul ouvrage court et peu dispendieux, et de former ainsi une véritable encyclopédie pratique à l'usage des ingénieurs et des mécaniciens.

Malgré la faveur avec laquelle le public français a accueilli la première traduction du *Mécanicien anglais*, il est juste de reconnaître qu'elle laissait beaucoup à désirer sous plusieurs rapports. Un style peu élégant et souvent obscur, quelques contresens, l'emploi des mesures anglaises peu appropriées aux besoins de nos praticiens n'avaient cependant pas laissé que de permettre un écoulement facile et rapide de cette tra-

duction. Depuis longtemps elle manquait dans le commerce, et cependant le développement croissant de l'industrie dans notre pays la rendait de plus en plus nécessaire. Convaincus de ce besoin par les nombreuses demandes que nous recevions de toutes parts, nous avons voulu rendre au public, en le perfectionnant, cet ouvrage qui lui manquait.

Une révision complète de la première traduction, ou plutôt une traduction nouvelle, faite en ayant sans cesse sous les yeux la première traduction à côté du texte anglais, tel est le premier résultat du travail que nous offrons aujourd'hui. Nous espérons que l'on n'aura rien à nous reprocher sous le rapport de la clarté et de la fidélité scrupuleuse avec laquelle nous nous sommes attachés à rendre la pensée de l'auteur anglais.

Une autre partie de notre travail, et ce ne sera pas la moins utile pour les praticiens, c'est la transformation exacte en mesures métriques de toutes les mesures anglaises dont avait dû se servir Nicholson. Nous n'avons pas été rebutés par la longueur et l'ingratitude de ce travail fastidieux, persuadés que dans un livre destiné à être consulté sans cesse comme une sorte de manuel, il fallait épargner au lecteur une peine nécessaire et qu'il n'aurait souvent pas le temps de se donner. Le soin que nous avons apporté dans nos calculs, et les vérifications auxquelles nous les avons soumis, nous permettent de les présenter comme étant d'une exactitude rigoureuse et dignes de toute la confiance des praticiens.

Enfin, pour satisfaire à tout ce que les mécaniciens sont en droit d'attendre du titre donné à cet ouvrage, nous avons pensé qu'il ne suffisait pas de leur donner la traduction pure et simple de celui de Nicholson. Bien que les arts mécaniques et autres n'aient pas fait depuis quinze ans des progrès tels, que les préceptes donnés par cet habile ingénieur puissent être considérés comme surannés, et que nous ayons cru devoir les reproduire sans altération ni suppression aucune, nous ne devons pas moins reconnaître que des améliorations importantes ont été introduites sur certains points. Sans doute, après avoir étudié le livre de Nicholson, il n'est aucune partie de l'art que l'on ne soit apte à comprendre dans tous ses détails, et sous ce rapport on peut dire qu'il ne reste rien à désirer. Néanmoins, il était bon d'indiquer quelques-unes de ces améliorations les plus importantes, notamment en ce qui regarde les machines à vapeur et les chemins de fer.

Ce sont en effet les deux parties de la science de l'ingénieur qui depuis quinze années ont accompli les plus grands progrès, car c'est sur eux que se sont portés avec un enthousiasme parfois irréflecti, les efforts des inventeurs et les capitaux industriels.

Nous leur avons donc consacré un chapitre spécial que l'on trouvera à la fin du second volume, et dans lequel nous avons relaté aussi succinctement que possible l'état actuel des modifications introduites dans les machines à vapeur fixes, les locomotives et la construction des chemins de fer depuis la publication du *Traité de Nicholson*.



Grâce à cette addition et aux soins que nous avons apportés dans tout le reste de notre travail, nous espérons que cette nouvelle traduction ne sera pas reçue avec moins de faveur que la première, et qu'elle justifiera encore mieux ce qu'on était en droit d'attendre de celle-ci dès l'origine.

---



---

---

# PRÉFACE

## DE L'AUTEUR ANGLAIS.

---

Sources abondantes de prospérité publique et privée, les découvertes de WARR et d'ARKWIGHT peuvent être considérées comme ayant ouvert une ère nouvelle dans les arts utiles et dans la politique intérieure des peuples. La substitution des machines au travail manuel, et leurs produits, aussi immenses qu'inespérés, en éveillant l'émulation dans toutes les branches de l'industrie, ont amené ces inventions et ces améliorations qui ont porté nos manufactures au degré de perfection où elles se trouvent aujourd'hui.

Nos machines les plus importantes et les plus parfaites, qui paraissent très compliquées et presque incompréhensibles à ceux qui n'ont aucune connaissance en mécanique, ne sont à l'œil du praticien que d'heureuses combinaisons d'un petit nombre d'éléments très simples.

Ce sont ces éléments que j'ai voulu dégager, en présentant d'abord quelques observations nécessaires sur les forces auxquelles la *matière* est soumise, sur le *frottement* et sur le *centre de gravité*, et en ajoutant à ces observations un petit traité des MACHINES SIMPLES. J'ai fait suivre

ces deux parties d'une explication des choses nécessaires à la construction d'un moulin, comprenant la description des engrenages coniques, la meilleure méthode pour *désengager* et *réengager* un mécanisme, et la manière de rendre le mouvement uniforme. J'ai terminé cette partie par un article renfermant sur la construction des machines quelques observations pratiques.

Après avoir étudié attentivement ces articles, le lecteur possédera les points principaux du mécanisme des moulins; j'ai mis ensuite sous ses yeux, dans les articles *force animale, eau, vent et vapeur*, les meilleures manières d'appliquer ces forces motrices, en y joignant quelques mots sur la machine pneumatique de Brown, instrument qui pourrait, avec quelques perfectionnements, devenir très utile pour la *locomotion* et autres objets moins importants.

Comme la réduction du blé en farine est une partie essentielle de l'économie domestique, et que la force qui donne le mouvement de rotation à la meule principale est presque toujours dérivée de l'eau ou du vent, je n'ai pas cru m'écarter de mon sujet en introduisant à la fin des deux précédents articles la description d'une de ces machines, pour donner au lecteur une idée générale de leur mécanisme. J'ai décrit aussi les moulins à bras et à pieds dans l'intérêt de ceux qui vivent éloignés des moulins à eau ou à vent, ou qui seraient bien aises de se soustraire aux demandes quelquefois exagérées des meuniers.

Il est très important pour la construction des moulins de tenir compte de la force des matériaux. La connaissance de cette *force* est surtout nécessaire à l'égard des parties de la machine qui ont à supporter les plus grands efforts ou à donner le mouvement aux autres pièces. Une lettre de M. Rennie jeune, au docteur Young, renferme sur cet objet des expériences très satisfaisantes. On la

trouvera en entier à la suite des observations sur les forces motrices.

Vient après une description des machines hydrauliques et de quelques mécaniques simples qui agissent comme accessoires dans nos ateliers. Arrivé à cet endroit de l'ouvrage, le lecteur aura acquis les connaissances nécessaires pour bien comprendre nos procédés et en apprécier les divers avantages.

Suivent : 1<sup>o</sup> une revue des arts dits *manuels* ; 2<sup>o</sup> un traité de l'*art de bâtir*, avec un appendice contenant un court traité de géométrie pratique; 3<sup>o</sup> un traité d'arpentage; 4<sup>o</sup> une collection de *recettes* ; 5<sup>o</sup> un glossaire explicatif des mots techniques. C'est par ce vocabulaire que l'ouvrage devait se terminer; mais la vive sensation qu'ont produite tout récemment les *chemins de fer* et les *machines locomotives*, ainsi que le juste intérêt qu'ont excité ces nouvelles constructions, ne me permettaient pas de les passer sous silence ; j'ai donc ajouté quelques pages destinées à les faire connaître.

Sans doute il existe de très bons traités de mécanique; mais celui-ci en diffère essentiellement par la forme, et j'ose croire que celle que j'ai choisie en mettant cette science à la portée des personnes les moins instruites, deviendra d'une utilité générale en contribuant à répandre dans toutes les classes la connaissance non superficielle, mais suffisamment approfondie d'un art dont les applications sont devenues si nombreuses et si importantes.

Dans un livre de cette nature, il est permis de se servir des *extraits* d'autres écrits, surtout lorsqu'il s'agit de descriptions. Mais toutes les fois qu'il m'est arrivé d'en faire usage, j'ai cité l'auteur, non seulement pour rendre hommage à la vérité, mais pour donner à mon ouvrage le poids d'une autorité respectable.

Comme ce livre est spécialement destiné aux manufacturiers et

aux artisans, les principes abstraits et théoriques n'y ont été admis qu'autant qu'il était nécessaire pour expliquer l'usage de l'objet décrit dans ses diverses applications. Mon ouvrage n'a donc aucun rapport avec les *Explications mathématiques* de Wood, Gregory ou Emerson, tous écrivains très recommandables sans doute, particulièrement le docteur Olinthus Gregory, mais qui ont traité le même sujet d'une manière tout à fait scientifique.

Si, par mon travail, je suis parvenu à faire comprendre à tout le monde les avantages des machines actuellement en usage, et à diriger l'attention publique sur des sujets qui doivent faire honneur à notre siècle, je ne croirai pas avoir écrit en vain.

Londres, mars 1825.

---

---

---

## DESCRIPTION DU FRONTISPICE.

---

La gravure représente une machine à vapeur vue de face et adaptée à un moulin à sucre; elle est copiée sur celle qui a été construite par MM. Taylor et Martineau.

Cette machine, n'étant que douze fois plus grande que le dessin, est, par ce peu de volume et par sa simplicité, particulièrement applicable à la plupart des manufactures qui n'exigent qu'une puissance modérée.

Elle travaille horizontalement à raison de deux à trois kilogrammes de pression par centimètre carré, sans condensateur, ayant des pistons métalliques et des soupapes; elle n'exige que huit boulons à écrous pour la fixer à des dormants en chêne de dimension moyenne.

A, manivelle liée à la verge du piston, qui ne peut être vue parce qu'elle travaille horizontalement dans le cylindre. B, cylindre dans lequel la vapeur de la chaudière est introduite par le moyen des tuyaux C C C. La quantité de vapeur arrivant dans le cylindre est réglée par la *souape d'arrêt* D, qui s'ouvre et se ferme à des intervalles convenables, au moyen de la tige E E E. F F, régulateur formé par deux boules pesantes avec leur *collier glissant* a, tombant du sommet d'un ressort vertical bb, sur l'axe c. Ce ressort est lié avec la grande tige par une courroie qui passe sur les poulies G G G, et qui la fait tourner; et, comme son mouvement suit celui de la grande tige, les régulateurs ff, selon que sa vitesse augmente ou diminue, tendent à s'éloigner ou à se rapprocher du ressort. Cette élévation et cette dépression alternatives du régulateur affectent la verge E E E, à laquelle il est lié, et règlent la quantité de vapeur qui passe de la chaudière dans le cylindre.

H, pièce qui lie la partie supérieure de la tige du piston à la tige J, en sorte que par le mouvement du cran la verge J est aussi mise en jeu et fait mouvoir les soupapes dans le cylindre K. Par l'action de ces soupapes, la vapeur arrive alternativement sur les deux côtés opposés du piston; et, comme la machine ne condense point la vapeur, deux tuyaux sont placés à chaque extrémité du cylindre pour la dégager. L'un de ces tuyaux est marqué N. Quand la force de la vapeur a poussé le piston vers un bout du cylindre, l'action des soupapes glissantes la renvoie à l'autre bout; l'orifice du tuyau N étant ouvert en même temps, la vapeur qui se

trouve de ce côté est poussée à travers ce tuyau par la réaction du piston, et emportée sous le sol, laissant cette partie du cylindre libre pour recevoir une nouvelle charge.

La force produite par ce simple mécanisme se transmet et est utilisée par le moyen de l'arbre O O O. Sur cet arbre, à peu de distance de la machine, est un excentrique L qui élève la tige M, et pompe l'eau d'alimentation pour la chaudière quand cela est nécessaire; presque à l'extrémité de l'arbre est un autre excentrique W qui met en mouvement la tige V dans un but que nous expliquerons tout à l'heure.

Le mouvement de rotation que la manivelle A reçoit de la machine se communique à l'arbre O O, à l'excentrique L, à la boîte d'accouplement D, à la roue volante P, à l'excentrique W et au pignon Q qui engrène avec la grande roue à dents R, placée sur l'axe S, et de là il se transmet aux rouleaux du moulin à sucre, lesquels sont réglés dans leur mouvement par les pignons U U.

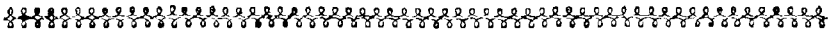
Ce moulin, comme la plupart des moulins à sucre, a trois rouleaux ou cylindres, deux au fond et un placé entre les deux autres au sommet de la machine. L'on fait passer les cannes à sucre entre ces rouleaux, et leur suc exprimé tombe dans un récipient, d'où il est pompé par le jeu de la tige V dans un autre récipient. On laisse dans la partie de l'arbre S marquée *ee* l'espace suffisant pour permettre la continuation du mouvement lorsque les cannes sont introduites entre les rouleaux, autrement cet axe serait exposé à se rompre.

---



# LE MÉCANICIEN

## ANGLAIS.



### DE L'ACTION DES FORCES.

Tous les corps de la nature sont continuellement soumis à l'action de forces qui, lorsqu'elles agissent sur eux également et dans des directions opposées, les maintiennent en repos. Mais s'il survient une force nouvelle, et qu'elle agisse sur un corps dans une direction et avec une intensité capables de vaincre les forces qui le maintenaient à l'état de repos, il en résultera un mouvement qui sera communiqué à ce corps, et la mesure exacte de ce mouvement sera donnée par la proportion dans laquelle la force nouvelle excède celles qui agissaient précédemment en sens contraire. Ainsi, par exemple, si un homme soulève un poids de 14 kilogrammes à un mètre de terre, le mouvement produit par cette action se mesure exactement par la proportion dans laquelle la force qu'il emploie surmonte la gravitation ou l'effet de la pesanteur qui agit sans cesse sur la matière; car il est évident que si cette gravité n'avait pas existé, le mouvement eût été proportionné à toute la force nouvellement appliquée, ou que si cette force eût simplement été égale à la gravitation, le mouvement n'aurait pu avoir lieu, et le corps serait demeuré en repos.

L'état de repos produit par l'action contraire de deux forces égales prend le nom d'ÉQUILIBRE. Mais, dans les arts, cette expression est plus communément appliquée au cas où un ou plusieurs corps sont conservés par la simple force de gravitation dans un état de repos. Ainsi, lorsqu'une barre de fer AB, fig. 1, est soutenue à son centre C, elle sera balancée ou restera dans une position horizontale, parce que la quantité de matière en CA est égale à celle en CB, et que d'ailleurs la force de gravitation est proportionnelle à la quantité de matière contenue dans chaque bras de la tige. De même, lorsqu'une force B et une autre force égale C agissent sur le boulet A, elles le maintiennent dans un état de repos nommé équilibre.

Dans les opérations mécaniques ordinaires, le premier état d'équilibre arrive fréquemment; le dernier rarement, et jamais il n'est permanent: on entend donc en général, par le mot *équilibre*, la position premièrement décrite.

Quand une force agit sur un corps, celui-ci reçoit un mouvement que l'on peut considérer en raison de l'espace qu'il parcourt dans un temps donné: cette relation s'appelle *vitesse*; et suivant que l'espace parcouru aug-

mente ou diminue, dans un temps donné, on dit que la vitesse augmente ou diminue.

Si une force qui a mis un corps en mouvement continue d'agir sur lui dans la même direction, et de manière à augmenter le mouvement donné, on dit que le corps, en de telles circonstances, a un *mouvement accéléré*; et si un corps est mis en mouvement par une certaine force, et qu'une autre force agisse sur lui en sens contraire, de manière qu'elle tende à le mettre en équilibre, ce mouvement est nommé *mouvement retardé* <sup>1</sup>.

Si un boulet, attaché par son centre à une corde flexible, est mis en mouvement au moyen d'une force quelconque, agissant, comme toutes les autres, en ligne droite, le mouvement sera circulaire. La tendance de ce corps à s'éloigner de son centre est nommée force *centrifuge*; et celle exercée par la corde pour le ramener vers le centre est nommée force *centripète*.

Quand un corps est mû par une force quelconque, il devient capable d'a-

<sup>1</sup> L'exemple le plus familier de mouvement accéléré est dans l'action de la gravitation sur un corps tombant : dans cet exemple la force continue d'opérer pendant la chute, et en accroît régulièrement la vitesse; en sorte que si le corps A, fig. 3, est envoyé de cette position vers la terre, il traversera l'espace de 4<sup>m</sup>88 pendant la première seconde, de 14<sup>m</sup>64 pendant la deuxième, et de 24<sup>m</sup>58 pendant la troisième. Si le mouvement eût été égal pendant ces trois secondes, le corps n'aurait traversé que l'espace de trois fois 4<sup>m</sup>88, c'est-à-dire 14<sup>m</sup>64; et au lieu de cela il a traversé un espace de 45<sup>m</sup>90, en raison de la continuation d'action de la force cause première de son mouvement. Or, cette vitesse s'accroissant dans une progression régulière, on peut conclure que pendant la première moitié des 4<sup>m</sup>88 d'abord parcourus, le corps n'était pas mû avec la vitesse de 4<sup>m</sup>88 par seconde; et, si l'on suppose qu'il n'avait alors que la moitié de cette vitesse, il faut qu'il ait marché pendant la deuxième partie de la première seconde dans la proportion de 9<sup>m</sup>76 par seconde; ou bien, si 2<sup>m</sup>44 ont employé d'abord trois quarts de seconde, les 2<sup>m</sup>44 suivants doivent avoir été parcourus pendant le quatrième quart; ainsi donc le corps arrivé à B marche déjà à raison de 9<sup>m</sup>76 par seconde, lesquels, en ajoutant la force qui continue à le pousser dans la proportion de 4<sup>m</sup>88 par seconde, donneront pour le second espace une vitesse de 14<sup>m</sup>64 par seconde; et, si pour le troisième espace nous doublons la vitesse croissante de 9<sup>m</sup>76, et y ajoutons celle de 4<sup>m</sup>88 causée par la force continue, nous aurons deux fois 9<sup>m</sup>76 et 4<sup>m</sup>88, qui font 24<sup>m</sup>58, qui est le résultat de l'expérience. Il paraît que la vitesse des corps soumis à l'action continue d'une force déterminée, s'accroît dans la progression numérique de un, trois, cinq, sept, neuf, etc., c'est-à-dire de 4<sup>m</sup>88 pendant la première seconde, trois fois 4<sup>m</sup>88 pendant la suivante, cinq fois 4<sup>m</sup>88 pendant la troisième, et ainsi de suite. On peut aussi se figurer les portions relatives de l'espace superficiel sous d'égaux portions d'espace perpendiculaire, de manière à former un angle droit, représenté fig. 3, où de zéro à un représente la première seconde de temps, de un à deux la seconde, et de deux à trois la troisième. On verra que sous chacune de ces portions, l'espace compris dans l'angle est comme un, trois, cinq; tel est le mouvement accéléré régulier. Mais si la force continue, que nous avons vue produire l'accroissement de vitesse, varie dans son action sur le corps, il est évident que l'accroissement ne sera plus régulier.

Quand on entend clairement le principe du mouvement accéléré, on conçoit facilement celui du mouvement retardé. Par exemple, si un corps est lancé perpendiculairement de la terre, comme dans le cas d'un boulet de canon tiré en l'air, la force de la poudre, surmontant la force de gravitation, fera monter le boulet avec un certain degré de vitesse; tandis que l'attraction, continuant d'agir en sens contraire, affaiblira graduellement l'effet de la force créée, et finira par l'annuler. Ainsi la distance que le boulet aurait parcourue pendant la première seconde de temps est diminuée de 4<sup>m</sup>88, celle qu'il aurait franchie pendant la seconde est diminuée de 14<sup>m</sup>64, et ainsi de suite jusqu'à ce que la puissance créée étant contre-balancée par la force de gravitation, le boulet reste d'abord stationnaire; ensuite la gravitation continuant l'entraîne dans une direction opposée et le ramène vers la terre.

gir jusqu'à un certain point sur d'autres corps, et de leur communiquer du mouvement; et de même que la vitesse de ce mouvement dépend de l'étendue de la force qui l'a causé, le pouvoir de le transmettre est aussi proportionné à cette vitesse. Ce pouvoir de transmission s'appelle *quantité de mouvement*, et le mode par lequel l'action est transmise se nomme *impulsion*; comme ce pouvoir est proportionné à la vitesse que possède chaque molécule de matière composant l'ensemble du corps, la quantité de mouvement s'exprime en multipliant sa quantité de matière par sa vitesse. Supposons, par exemple, que cent molécules ou atomes de matière se meuvent avec la vitesse d'un mètre par seconde, la puissance nécessaire pour arrêter leur mouvement est exactement égale à celle qui serait nécessaire pour arrêter le mouvement d'une seule molécule se mouvant avec la vitesse de cent mètres par seconde; car la vitesse de chaque molécule étant d'un mètre par seconde, le produit qui représente la *quantité de mouvement* sera égal à un multiplié par cent : ce produit est le même pour une molécule se mouvant avec une vitesse de cent mètres par seconde. Ainsi donc, quand un corps du poids d'un kilogramme se meut avec une vitesse d'un mètre par seconde, il possède une certaine quantité de mouvement; si son poids seul ou sa vitesse seule devient double, sa quantité de mouvement sera également doublée : mais si le poids et la vitesse sont doublés en même temps, la quantité de mouvement sera quadruplée.

Après avoir considéré l'action d'une force et de deux forces agissant ensemble dans des directions semblables ou opposées, nous examinerons l'action de deux forces agissant en même temps sur un corps dans des directions qui ne sont ni semblables ni opposées.

Supposons par exemple, que la ligne A B, fig. 4, représente une force suffisante pour porter le corps A au point B, et que A C représente une autre force suffisante pour porter le corps A au point C; A C et A B étant égaux à C D et B D, et ces deux forces agissant successivement, nous pouvons concevoir que ce corps, en passant sur les lignes A B et B D, ou A C et C D, est porté au point D. Maintenant si ces forces agissent sur le corps au même instant, le résultat sera le même, et la dépense totale des forces placera le corps au point D en passant par la ligne A D. Il en sera de même si les forces A B et A C ne sont pas, à angles droits comme dans la fig. 5; cependant comme C D et B D sont égaux respectivement à A B et A C et dirigés dans le même sens, le mouvement que A reçoit d'eux sera représenté dans sa valeur et dans sa direction par la ligne A D. Si l'on suppose que A B ait deux ou trois fois la puissance de A C, l'effet serait encore le même, comme on le voit fig. 6, où la ligne A B représente trois fois la puissance A C. L'action respective de A B et A C sera représentée comme auparavant par B D et C D, qui placeront le corps A au point D. Ainsi donc leurs forces combinées le feront passer par la ligne diagonale A D comme dans le premier exemple. Cela prouve que plusieurs forces agissant sur un même corps suivant des lignes qui ne sont pas directement opposées l'une à l'autre, peuvent toujours se combiner en une seule force. Supposons en effet que trois forces, A B, A C et A F, fig. 7, agissent simultanément selon leurs diverses directions sur le corps A : si nous décrivons comme précédemment un parallélogramme sur les lignes A B et A C, ces deux forces seront com-

binées en une seule représentée par  $A D$ ; et si nous faisons de même à l'égard de deux forces  $A C$  et  $A F$ , nous avons la force  $A H$ , composée d'elles deux. Nous avons donc deux forces  $A D$  et  $A H$ , composées des trois forces originales. Si nous procédons avec ces deux forces composées de la même manière, elles formeront à leur tour la force représentée par  $A I$ , diagonale du parallélogramme  $A D I H$ .

En général, un nombre quelconque de forces agissant dans différentes directions sur un même point, peut toujours être ramené à une force unique que l'on appelle *résultante*, et qui est représentée par la diagonale d'un parallélogramme, comme nous venons de le voir.

La décomposition des forces est prouvée par l'inverse du problème; car, de même que plusieurs forces peuvent être ramenées à une seule, une seule force peut être décomposée en plusieurs. Représentons nous un boulet  $B$  mù par une force unique avec une certaine vitesse dans la direction de la ligne  $A B$ , fig. 8. Quand il rencontrera les boulets  $C$  et  $D$  qui ont des masses égales à la sienne, il communiquera à chacun d'eux la moitié de sa vitesse, et les boulets  $C, D$  prendront les directions indiquées par les lignes  $C H$  et  $D J$ , tirées du centre de  $B$  à travers leurs centres respectifs. De même, si la force qui agissait sur le boulet  $B$  est divisée en deux portions égales, chacune de ces portions peut à son tour, par un semblable procédé, être divisée et subdivisée jusqu'à l'infini.

Nous devons signaler un autre phénomène qui a lieu dans le mouvement des corps lorsque après avoir reçu une première impulsion d'une force unique, ils se trouvent soumis à l'action continue d'une autre force dont la direction n'est pas directement opposée à la première. Supposons le boulet  $A$ , fig. 9, projeté de la bouche d'un canon; à l'instant où il en sort au point  $A$ , il se trouve sous l'influence de la force de gravitation, qui l'attire vers la terre, ainsi que je l'ai montré en parlant du mouvement accéléré, et qui finira par le porter à l'état de repos au point  $B$ ; car, en supposant que le boulet, par la force de la poudre, en sortant de  $A$ , traverse dans la première seconde de temps un nombre déterminé de mètres exprimé par la ligne  $A C$ , la force de gravitation pendant cette action le fera descendre de  $4^{\text{m}}88$  exprimés par la ligne  $C D$ , et pendant la deuxième seconde, en supposant que la poudre l'ait poussé jusqu'à la distance exprimée par la ligne  $D E$ , la force de gravitation le fera tomber dans le même temps de  $14^{\text{m}}64$  comme on le voit par  $E F$ , et pendant la suite de son mouvement exprimé horizontalement par  $F G$ , la gravitation l'aura fait descendre de  $24^{\text{m}}38$  représentés par  $G. B$ . La ligne suivant laquelle le corps devrait se mouvoir quand ces deux forces agissent seules sur lui, est une courbe parabolique; mais comme la résistance de l'air entre toujours pour quelque chose dans la pratique, cette ligne diffère en réalité de la parabole et prend une direction plus compliquée résultant de l'effet de ces diverses forces, et qu'il n'entre point dans les limites de cet ouvrage de calculer.

#### DU FROTTEMENT.

La surface des corps, quelque unie qu'elle puisse paraître, a toujours, en

l'examinant de près, certaines irrégularités : de sorte que si le corps A B, fig. 10, avait à se mouvoir sur la surface du corps C D, et que la surface inférieure de A B eût des proéminences qui entrassent dans les cavités de C D, il est manifeste que A B ne pourrait se mouvoir, à moins qu'il ne montât et ne redescendit de toute la hauteur de ces proéminences, ou bien qu'il les emportât. Dans le premier cas, il aurait à surmonter la force de gravitation ; dans le second, celle de cohésion.

Si le corps A B, fig. 11, était placé entre C P et E F, serrés contre ses côtés par une force quelconque, et que leurs surfaces fussent semblables à celles du premier exemple ; pour que A B pût se mouvoir, il lui faudrait, ainsi que nous l'avons déjà démontré, vaincre la résistance provenant de la cohésion des molécules ou de la pression des corps appliqués contre lui. Telle est la nature presque universelle de cette résistance appelée *frottement* ; car, bien que les aspérités de la surface des corps ne soient pas en général aussi évidentes que celles qu'on représente ici, on en découvre toujours, si l'on regarde attentivement, même sur les surfaces en apparence les plus unies ; et comme la résistance augmente en raison directe de la quantité de ces irrégularités, nous devons en conclure que toute résistance dérivant des frottements est uniquement due à cette cause.

## DES MACHINES SIMPLES.

On compte six machines simples : le *levier*, la *roue* et son axe, la *poulie*, le *plan incliné*, le *coin* et la *vis*. Il est nécessaire d'en comprendre parfaitement la nature et les applications, si l'on veut entendre les effets des combinaisons mécaniques ; parce qu'elles se réduisent toutes, quelle que soit leur complication apparente, à une ou plusieurs des lois qui gouvernent ces six machines simples.

Pour les démonstrations qui vont suivre, l'on doit admettre des faits qui ne sont pas strictement vrais dans la pratique : car la force de gravitation, le retard apporté par le frottement, la résistance de l'atmosphère, et l'irrégularité causée par l'élasticité partielle des substances qui forment les machines, sont exclues des raisonnements et censées ne pas exister.

### LEVIER.

La première des machines simples est le *levier*, qui se divise en trois classes. Dans la fig. 12, A B est un levier, et C est le point fixe sur lequel il repose. Maintenant supposons qu'une force soit appliquée à B, et que la résistance, la force ou le poids à surmonter, soit en A : le point d'appui étant ainsi placé entre les forces, constitue un levier de première classe. Le travail de la force B, pour surmonter la résistance A, sera avec cette résistance dans le rapport de la distance A C à la distance B E ; c'est-à-dire que, si B C a quatre fois la distance de A E, la force appliquée en B vaudra quatre fois la même quantité de force appliquée en A ; ainsi un kilogramme pesant sur le point B pourra contre-balancer quatre kilogrammes pesant sur le point A. Mais quelle

que soit la hauteur (supposons-la d'un mètre) à laquelle s'élève le poids placé en A, B doit parcourir en descendant quatre fois le même espace; conséquemment, pour replacer B dans sa position primitive, la force appliquée doit être capable d'élever quatre poids d'un kilogramme chacun à un mètre, ce qui revient à élever quatre kilogrammes ensemble à un mètre, comme cela est effectué en A.

On ne gagne donc par ce moyen aucune augmentation de puissance, mais on acquiert beaucoup de facilité; car par le moyen d'un kilogramme, quatre kilogrammes sont mis en mouvement, ce qui n'aurait pu se faire sans l'intervention du levier. Un homme capable de soulever seulement cinquante kilogrammes, peut, par ce moyen, mettre en mouvement quatre fois ce poids, à condition qu'il exerce sa force à une distance quatre fois plus grande.

Un levier de seconde classe est celui dans lequel A serait le point d'appui, B la force appliquée, et C le poids ou la résistance à surmonter. On estime l'effet de ce levier en comparant les distances C B et A B; la puissance sera augmentée ou diminuée en raison de ce que A B excède C B; et la distance à travers laquelle B donne le mouvement s'accroît exactement dans la même proportion.

Supposons que C est la force appliquée. A le point d'appui, et B la résistance; nous obtiendrons un levier de troisième classe. L'effet de ce levier est de perdre de la puissance, pour gagner ou du mouvement ou de la distance; car si, dans l'exemple précédent, la puissance appliquée à B, et augmentée en proportion de la longueur de A B, devient plus grande que C B, il est clair que dans le cas présent, la résistance B est en position de gagner par la même loi: alors, plus la force est placée près de B, plus l'effet sera grand; et si elle est appliquée à B, l'effet sera le plus grand possible. Mais quand la force agit en B, elle est appliquée directement à la résistance, et le levier est nul; conséquemment C, dans toutes les positions, entre A et B, perd plus ou moins de puissance; et de même que le mouvement de C, dans le cas précédent, était la moitié de celui de B, ainsi dans le cas présent le mouvement de B sera deux fois celui de C.

Chacun de ces leviers est employé à des opérations particulières. La plus simple application du levier de la première espèce se voit dans les ciseaux, le forceps, etc.: le clou qui joint les deux branches devient le point d'appui; la main qui dirige l'instrument est la force appliquée, et la substance à couper ou pincer, la résistance. Nous voyons la seconde classe de levier dans le coupeur dont les formiers font usage; la main est la puissance; l'anneau dans lequel l'autre extrémité du couteau est accrochée, le point d'appui; et l'objet que l'on veut couper, la résistance. Les pincettes communes sont des leviers de troisième classe, étant susceptibles d'être considérablement étendues par leurs extrémités. En se servant de ces instruments, le mouvement de la main produit peut-être six fois son mouvement aux extrémités, et il y a perte de puissance dans la même proportion; mais comme l'on n'a besoin d'en faire usage que pour un temps fort court, cette perte est de moindre importance que ce qui est gagné en commodité. Cette dernière espèce de levier est souvent employée dans les machines pour obtenir un mouvement rapide; et comme il était souvent nécessaire d'atteindre le même but dans les structures animales, nous trouvons que la nature y a très fréquemment introduit cette forme.

Nous avons considéré les opérations du levier d'après les différentes dispositions des forces d'action, de la résistance, et du point d'appui, en supposant toujours les directions des forces à angles droits avec les bras du levier sur lesquels elles opèrent, ou formant des tangentes aux arcs décrits par les mouvements de ces bras : mais si nous dévions de la ligne droite dans la forme du levier, et que les deux forces conservent leur direction parallèle, l'action sur les bras respectifs ne sera plus à angles droits, et leur effet étant conséquemment altéré, on doit prendre un autre mode pour l'évaluer. A B C, fig. 13, représente un levier courbe reposant sur son point d'appui, B, et portant suspendu à chacun de ses poids D et E, qui sont égaux l'un à l'autre et en équilibre, bien que le bras B A soit plus long que le bras B C. Tirez la ligne horizontale G H à travers le point d'appui B, alors les poids D et E agissent suivant des verticales; vous pouvez concevoir que D est suspendu au point J, et E au point K, et qu'ils opèrent d'une manière semblable. Supposez que K J soit le levier, les bras J B et B D seront égaux; et les forces placées en E et D étant égales, leurs effets seront égaux. L'action de forces parallèles sur des leviers qui ne reçoivent point l'action à angles droits sur leurs bras respectifs, doit être mesurée en la multipliant par une ligne passant par le point d'appui et perpendiculaire à la direction de chaque force respective; et quelles que puissent être les forces appliquées au levier, il est évident que si leurs directions cessent de former les tangentes des arcs décrits par les bras du levier, leur effet doit être évalué par la longueur des lignes perpendiculaires tombant de la même manière sur les lignes de direction. On peut voir encore, fig. 13, que si le bras B A s'élève à la position B L, la perpendiculaire B J, tombant en même temps sur la ligne de la direction, augmentera de B J à B M, et l'effet de la force D sur E sera également accru. On voit une application de cette propriété dans un balancier qui a une échelle graduée sur un arc, comme A G, dont les divisions diminuent à mesure qu'il s'élève, de manière à produire par le mouvement de A des parties égales de force agissant sur E; cependant, il est des cas de commune occurrence, par exemple, celui d'un clou tiré par la griffe d'un marteau, dans lesquels les effets de la force appliquée et ceux de la résistance, qui sont la main et le clou, quoique agissant à angles droits avec un levier courbe, opèrent comme si le levier était droit, parce que la direction des forces étant changée en un angle exactement de la même portée que celui dans lequel le levier est courbé, l'une et l'autre continuent d'agir à angles droits sur les bras respectifs auxquels elles répondent, ces bras représentant des perpendiculaires tombant du point d'appui sur leurs lignes de direction respectives.

Le levier courbe est assez souvent employé dans les machines pour acquérir un plus haut degré de puissance. Supposons que A B C, fig. 14, représente un levier courbe se mouvant sur son point d'appui B, la force qui opère en A agissant dans la direction A D, et la résistance C dans la direction C E; maintenant, comme la direction de la force C tombe sur le point d'appui B, il est évident qu'aucune perpendiculaire ne peut tomber de B sur cette ligne, et conséquemment la puissance de C est tout à fait nulle en comparaison de celle de A, qui est mesurée par la perpendiculaire abaissée du point d'appui sur la ligne qui représente sa direction B A; mais, dès l'instant où le levier commence à se mouvoir, supposons vers A', alors

la perpendiculaire tombant sur la direction de la force C prend une forme mesurable  $BB'$ , tandis que la puissance de A a seulement diminué de B A à B F. On voit par là qu'au commencement de l'action de A, son pouvoir sur C est indéfini; mais qu'aussitôt après, et par l'effet du mouvement de C hors de la perpendiculaire E B, la résistance commence, parce que la perpendiculaire abaissée du point d'appui prend une étendue déterminée.

#### LA ROUE ET SON AXE OU ESSIEU.

La seconde machine simple est la *roue* et son *axe* ou *essieu*, représentés fig. 15. A est la roue, B une barre ronde nommée l'essieu; l'une et l'autre tournent sur un centre C. En général on applique la force à cette machine en fixant une corde au bord extérieur de la roue, comme il est représenté par D; et le poids, la force ou la résistance sur laquelle on opère, est représenté par E, qu'une corde attache à l'essieu.

Par une simple analyse, on trouvera que cette machine n'est autre chose qu'un moyen pour obtenir une action continue de leviers de première classe; car si nous supposons que le rayon de la roue est le plus long bras du levier, le rayon de l'essieu le bras le plus court, et le centre sur lequel ils tournent l'un et l'autre le point d'appui, nous aurons un levier de première classe. Seulement, les deux membres principaux étant circulaires, il en résulte que leurs rayons forment un nombre indéfini de leviers, et que, par la révolution de la roue, un certain nombre de ces leviers est continuellement mis en action. La puissance effective de la roue et de l'essieu doit donc être calculée de la même manière que celle du levier de première classe; car la puissance est accrue d'autant que le rayon de la roue excède celui de l'essieu; il en est de même de la distance que la force opérante peut parcourir.

La roue s'applique à l'appareil destiné à faire monter l'eau des puits, ainsi qu'à une quantité de machines que nous décrirons par la suite.

#### POULIE.

La *poulie*, représentée fig. 16, est la troisième machine simple; elle est de forme ronde et fixée sur un pivot qui la traverse à son centre C, autour duquel elle tourne. On fait usage de la poulie en plaçant sur son bord extérieur une corde, aux extrémités de laquelle A et B sont indifféremment appliqués, soit la force, soit le poids ou la résistance à surmonter, le centre C étant soutenu par la chappe D.

Les opérations de cet instrument sont encore analogues à l'action du levier de première classe. Le pivot sur lequel il tourne est le point d'appui; et les rayons du cercle E F sont les deux bras, lesquels étant égaux ne peuvent donner lieu à aucune augmentation ni diminution de puissance.

Employée de cette manière, la poulie n'est qu'un moyen de changer la direction de la force appliquée; mais si on en fait usage en sens inverse, comme elle est représentée fig. 17, où l'extrémité de la ligne A est attachée



à un point fixe, le poids ou la résistance se trouve en C, et la force appliquée agit en dessus; la ligne partant de A, fixée d'une manière permanente, deviendra un point d'appui; les rayons horizontaux du cercle seront dans la position des bras d'un levier de seconde classe, lequel gagne d'autant plus en puissance que les forces d'application et de résistance sont éloignées du point d'appui: comme B, par exemple, est deux fois aussi loin de A que C, le poids ou la force appliquée à B élèvera deux fois son poids à C.

La réunion de plusieurs poulies agissant simultanément s'appelle *mouffle*. Voyez fig. 18, où A et B sont des poulies fixées dans la position représentée, et C D deux autres poulies susceptibles d'être élevées et abaissées. La corde E passe sur A, sous D, sur B et sous C, et est fixée et demeure en F. Il est donc évident que si le poids G est suspendu aux centres C et D (chacun desquels se trouve dans la position décrite fig. 17), ces poids auront l'un et l'autre leur force divisée par deux, et qu'un quart du poids G, placé en E, pourra contre-balancer G. Les poulies A et B ne sont employées qu'à changer la direction de l'action.

Quand les mouffles sont composés de quatre poulies, leur construction est semblable à celle représentée fig. 19.

Afin d'estimer la force nécessaire pour surmonter une force déterminée agissant en G, prenez la moitié de cette force en G, divisez-la par le nombre des poulies inférieures de la machine, et vous aurez la somme de force nécessaire pour contre-balancer cette force en F.

#### PLAN INCLINÉ.

Le *plan incliné* est la quatrième machine simple. Elle est représentée fig. 20, où A B est supposé une surface plane, soutenue à l'une de ses extrémités, de manière à former une ligne oblique avec l'horizon. Au moyen de cette machine, un poids très lourd peut être soulevé avec beaucoup moins de force qu'il n'en faut pour le soulever perpendiculairement. On se sert de ce moyen pour élever des poids en faisant agir la force appliquée dans une direction parallèle au plan A B, et dans la direction de A à B, comme elle représentée par la ligne A E agissant sur le corps E. La force acquise est en proportion de la longueur de la ligne A C, qui est la base, comparée à la perpendiculaire C B. Si par exemple A C a vingt mètres, et C B cinq, A C étant quatre fois C B, la puissance acquise sera comme quatre à un; c'est-à-dire qu'une force capable de soulever un kilogramme verticalement élèvera quatre kilogrammes sur le plan incliné A B. Ce plan ayant quatre fois la longueur de C B, la force aura à parcourir une distance égale à quatre fois la verticale qui représente la hauteur du plan, comme dans le cas du levier. Cette construction mécanique n'est donc qu'un mode d'effectuer par l'application d'une petite force, pendant un plus long espace de temps, ce qui demanderait une force plus considérable pour être accompli plus promptement. On peut toujours estimer la puissance gagnée par un plan incliné en divisant la longueur de la base du plan par la hauteur perpendiculaire de son extrémité la plus élevée.

Le plan incliné simple est peu employé dans les combinaisons mécaniques

comme moyen d'augmenter la puissance ; mais on en fait plus souvent usage pour obtenir un mouvement ascendant régulier. L'ascension graduelle des rails de chemins de fer, des chemins en pente, et l'échelle glissante dont les brasseurs se servent pour charger et décharger leurs charrettes, sont des applications bien connues de ce principe.

## COIN.

La cinquième machine simple est le *coin*, dont on voit la forme fig. 21. Il opère d'après un mode semblable à celui du plan incliné, mais avec cette différence néanmoins, qu'au lieu que la masse, pour vaincre la résistance, soit mise en mouvement sur la surface de la machine, le coin, faisant l'office du plan incliné, est poussé forcément contre l'objet que l'on veut soulever. Ainsi, en supposant que le coin A B se meuve sur un plan de niveau avec la position A J, le poids D sera soulevé de cette position jusqu'à la hauteur F J, et conséquemment passera sur tout le plan supérieur du coin A B et atteindra en définitive la hauteur perpendiculaire B C. Si l'on divise A B par B C, le quotient, comme dans le plan incliné, représentera la puissance que le coin est capable d'exercer. Supposons par exemple que A B soit égal à quatre fois B C, la puissance qui poussera le coin vers A J serait capable d'élever jusqu'à la position D J le corps D dont le poids représentera quatre fois cette puissance.

Le coin représenté fig. 22 est celui qu'on emploie le plus généralement à fendre du bois, opération dans laquelle la résistance agit des deux côtés de la machine. Pour estimer la somme de puissance gagnée par cette sorte d'instrument, il faut le considérer comme deux plans inclinés A B C, C B D joints ensemble. Les forces qui opèrent en E en F étant égales, nous trouverons que la résistance F est à la force nécessaire pour la surmonter comme A C est à C B ; et puisque la force E et l'autre partie du coin sont de même opposées l'une à l'autre, le total A D est à C B comme la résistance totale de F et E est à la puissance nécessaire pour contre-balancer cette résistance ; en d'autres termes, autant de fois que A D sera contenu dans C B, autant de fois la résistance totale sera vaincue par une force appliquée qui lui serait égale.

## VIS.

La *vis* est la sixième et dernière machine simple. On la considère généralement comme un plan incliné disposé autour d'un cylindre. Mais de même que l'action du plan incliné correspond à celle du coin, et que la manière de faire usage des avantages offerts par ces machines forme seule leur différence, ainsi la vis est presque généralement employée aux mêmes fins que le coin, avec lequel elle a la plus grande ressemblance quant à son action.

La fig. 23 représente un cylindre E E autour duquel nous supposerons que la pièce taillée en coin A B C peut être tournée, des lignes spirales semblables à B D et F G étant tracées par les points B et C. La pièce A B C étant en forme de coin ou de plan incliné, il suffira pour évaluer sa puissance

de comparer A C à A B. Si la ligne inclinée B C peut entourer complètement le cylindre, le point C se trouvera précisément au-dessous de B, et la distance entre C et B, comptée suivant l'arête du cylindre, sera égale à la ligne A B qui n'est autre chose que la hauteur du plan incliné ou coin générateur. En comparant cette hauteur à A C, qui est précisément la circonférence du cylindre, on aura la mesure de la puissance d'une vis ainsi construite. On voit donc que la comparaison entre la circonférence de la vis et la distance d'un filet à un autre, mesurée sur une ligne parallèle à l'axe de la vis, est la méthode d'après laquelle on estime la puissance de cette machine; en d'autres termes, le rapport qui existe entre la distance d'un filet à un autre et la circonférence est le même qu'entre la force appliquée et la résistance à surmonter: par exemple, si la circonférence est trois et la puissance un, une force égale à un surmontera une résistance égale à trois.

La fig. 24 représente une vis d'une autre forme que l'on emploie dans les grandes dimensions; mais la construction de ces sortes de machines est si connue, qu'il est à peu près inutile d'en faire une description minutieuse. A B représente l'inclinaison du coin ou plan générateur, et la distance entre B et C, que l'on appelle le pas de vis, représente la quantité qui, mise en rapport avec la circonférence, donne la mesure de la puissance de la machine.

La vis est appliquée dans les mécaniques principalement pour obtenir une grande pression à de petites distances. En examinant son action, l'on apercevra que c'est un mode nouveau d'user d'un coin avec très peu d'inclinaison, et par conséquent avec une grande puissance. On se sert quelquefois de la vis pour élever des poids d'une extrême lourdeur. La vis creuse ou la contrepartie dans laquelle une vis opère quand elle forme une petite pièce mobile se nomme la *noix*, et la cavité est nommée *vis femelle* ou *écrou*; les propriétés de cette dernière sont quant à la puissance exactement semblables à celle de la vis ordinaire.

Maintenant que nous avons considéré la nature et les propriétés des machines simples, nous allons les présenter dans leurs combinaisons les moins compliquées et sous le rapport d'un autre attribut de la matière résultant de la *gravité*.

#### CENTRE DE GRAVITÉ.

La force de gravitation, comme nous l'avons déjà dit, agit sur la matière en proportion de sa quantité. Supposons que l'on tire une ligne à travers un corps, de manière à ce que la quantité de matière placée d'un même côté, multipliée par la distance moyenne de tous ses points à cette ligne, soit égale à la quantité de matière placée de l'autre côté, multipliée par la distance moyenne de tous ses points à cette même ligne; faisons ensuite passer une autre ligne à travers le corps dans une direction différente, mais qui le divise de la même manière, le point où ces deux lignes se rencontrent, soit qu'il se trouve en dedans ou en dehors du corps, est le centre de gravité. Si ce point ou centre, en le supposant renfermé dans le corps, est soutenu, le corps restera en équilibre. Supposons le corps D, fig. 25, suspendu par une

ligne tirée du point C, le point H, qui est nommé point de suspension et auquel le corps est suspendu dans son état de repos, sera justement au-dessus du centre de gravité ; car si l'on tire la ligne perpendiculaire H J et que la quantité de matière multipliée par sa distance moyenne d'un côté de la ligne ne soit pas égale à la quantité de matière multipliée par sa distance moyenne de l'autre côté, le corps ne sera plus en repos ; état qu'il ne peut conserver qu'autant que cette condition est remplie. Si l'on suspend maintenant le corps comme l'indique la fig. 26, et si l'on fait tomber une perpendiculaire de la même manière de K, point de suspension, en L, le corps sera divisé comme dans le cas précédent, et le point E, où la perpendiculaire K L coupe la ligne H J, sera le centre de gravité.

Si une force agissant en ligne droite passe à travers le centre de gravité d'un corps, elle produira un mouvement uniforme dans ce corps ; mais si la force ainsi imprimée ne passe point par le centre de gravité, le mouvement sera inégalement communiqué aux divers points du corps. M J, fig. 26, représente une force frappant le corps de forme irrégulière D dans une direction qui passe à travers son centre de gravité E ; la force ainsi imprimée à ce corps le fera mouvoir avec une vitesse uniforme dans toutes ses parties ; mais si la force M J était imprimée au point F, la ligne de direction M J ne passant point à travers le centre de gravité, il en résulterait un mouvement irrégulier, et le corps tournerait autour de son centre de gravité.

Comme le centre de gravité est le point le plus favorable pour donner à un corps un mouvement uniforme, c'est aussi le meilleur pour appliquer une résistance quand on veut arrêter les progrès de ce mouvement.

La plupart de ceux qui ont écrit sur la mécanique se sont occupés de déterminer le centre commun de gravité non plus d'un corps unique, mais d'un système de corps. Comme il faut toujours supposer que ces corps sont unis et maintenus dans leur position relative par une force quelconque, on peut les regarder comme ne formant qu'un seul corps. Il nous suffit donc de faire observer que le centre de gravité de tout l'assemblage peut être déterminé de la même manière que celui d'un corps isolé. Ainsi, en supposant les corps A et B, fig. 27, unis ensemble par une ligne, leur centre commun de gravité sera le point E, parce que si l'on tire une ligne passant dans quelque direction que ce soit par ce point, les masses de matière multipliées par leur distance respective, de chaque côté, seront égales entre elles.

Ce que nous venons de dire sur le centre de gravité est applicable à la pratique, où l'on doit se rappeler qu'un corps ne peut être soutenu en équilibre, si le point de suspension n'est précisément au-dessus ou au-dessous de son centre de gravité.

#### COMBINAISONS ÉLÉMENTAIRES DES MACHINES SIMPLES.

Après avoir fait connaître les propriétés de nos six machines simples, ainsi que la manière d'en apprécier les effets, nous allons les considérer dans leurs combinaisons.

Nous avons déjà vu que chacun de ces instruments en particulier fournissait un accroissement de puissance ; elle ne peut donc qu'augmenter encore

par leur coopération mutuelle. Ainsi nous voyons, fig. 28, une combinaison de trois leviers dont chacun est, par la disproportion de ses bras, capable de gagner en puissance trois pour un ; G G G sont les divers points d'appui ; le poids H opérera avec une puissance triplée sur B, par le moyen du levier A B ; l'effet sera encore triplé par C D, et de nouveau triplé par l'action du levier E F. Conséquemment, si nous disons que H est un, A B le portera à trois, C D à neuf, E F à vingt-sept ; en sorte qu'un poids d'un kilogramme en A soutiendra vingt-sept kilogrammes en F.

L'action combinée des leviers peut produire une augmentation de puissance presque infinie ; et quand on emploie des leviers courbes, cette puissance qui, comme on l'a vu, est dans une certaine situation extrêmement considérable, peut se multiplier de la même manière.

La roue et l'essieu sont rarement employés dans leur état simple ; dans les machines, les roues sont presque généralement mises en mouvement par le moyen de proéminences placées sur leur circonférence ; ces proéminences s'appellent *dents*. Une force opérant sur ces dents fait tourner la roue, et l'essieu qui est aussi pourvu de dents prend le nom de pignon. La roue et le pignon ont donc entre eux précisément le même rapport qui existe entre la roue et l'essieu, leur puissance doit donc être calculée de la même manière. Supposons que A B, fig. 29, soit une tige sur laquelle la manivelle A C, de douze centimètres de rayon, est fixée ainsi que le pignon D, d'un centimètre de rayon ; que les dents de la roue E, de douze centimètres de rayon, agissent sur celles du pignon D ; enfin, que sur la tige de E se trouve fixé le pignon F, d'un centimètre de rayon, communiquant à la roue G, de douze centimètres de rayon, sur la tige de laquelle la poulie H, d'un centimètre de rayon, est attachée. La manivelle A C représentera le rayon d'une roue, et le pignon D sera à la place de l'essieu ; en sorte que la manivelle gagnera de un à douze en puissance ; la roue E, qui est dans le même rapport avec le pignon F, en gagnera autant, et G étant à H comme E à F, la puissance sera augmentée sur ce point dans la même proportion.

Il est donc évident qu'une force égale à un, au point C, opérera comme cent quarante-quatre au point F, et au point H comme sept cent vingt-huit. Ainsi un kilogramme à C élèvera sept cent vingt-huit kilogrammes à H, et la manivelle devra parcourir sept cent vingt-huit fois l'espace parcouru par le poids F. Par cette forme et cette disposition des roues et des pignons, la puissance est donc augmentée ; mais si l'on désire obtenir de la vitesse en sacrifiant de la puissance, il faut établir l'appareil en sens inverse. Par exemple, si la poulie H tourne par le moyen d'une force capable de faire parcourir au poids J une longueur d'un mètre, un point quelconque de la circonférence de la roue G aura en même temps traversé douze mètres, et les points de la circonférence du pignon auront parcouru la même distance ; mais la roue E, ayant douze fois le diamètre de F, aura parcouru douze fois cette distance, ce qui fait cent quarante-quatre mètres ; enfin le pignon D forcera de même C à traverser douze fois cet espace, ce qui fait sept cent vingt-huit mètres. La force nécessaire en H pour produire ce mouvement doit être équivalente à sept cent vingt-huit fois la résistance C.

Comme la circonférence des roues est proportionnelle à celle des pignons sur lesquels elles agissent, ou desquels elles reçoivent l'action, le nombre de

dents doit être aux unes et aux autres dans le même rapport, autrement la dimension des dents ne serait point semblable. Supposons une roue de douze centimètres de diamètre avec un pignon d'un centimètre : la circonférence des cercles étant en proportion de leur diamètre, la roue doit avoir douze fois autant de dents que le pignon ; conséquemment dans la pratique on part du nombre des dents pour estimer la puissance ou la vitesse de ces machines. Ainsi, si un pignon a cinq dents et une roue soixante, leur puissance sera comme douze à un, puisque l'on trouve cinq fois douze dans soixante ; c'est-à-dire que le pignon tournera douze fois pour faire tourner la roue une fois. S'il est mis en mouvement par une manivelle A C dont le rayon soit égal à la roue, la puissance acquise en ce point sera dans la même proportion. Si le pignon est mis en mouvement par la roue, la vitesse obtenue augmentera de la même manière. En conséquence, la puissance ou la vitesse d'une combinaison de roues peuvent être calculées d'après leur diamètre, leur circonférence ou le nombre de leurs dents.

Quoique ce mode de communiquer le mouvement soit employé dans une grande quantité de rouages adaptés à diverses mécaniques, cependant en certains cas les courroies, les chaînes, ou plusieurs sortes de cordages sont appliqués avec succès pour transmettre l'action aux roues.

Les combinaisons du coin sont assez rares, mais ses propriétés mises en usage avec différentes modifications donnent le moyen d'obtenir une grande puissance de pression à de courtes distances. Par exemple, cette partie si usitée et si bien connue dans les constructions mécaniques, à laquelle on donne le nom de *cambrure* ou *excentrique*, est un coin appliqué par l'une de ses faces à un cylindre, lequel, tournant par le moyen d'un levier, est capable de produire une action très puissante. La fig. 30 représente un cylindre A, sur lequel un coin B est adapté ; ce coin dans cette position est nommé *cambrure* ou *pièce excentrique*. En faisant passer le levier C à la position C', le cylindre A avec la cambrure B est porté à la position B', et l'obstacle D est soulevé et porté en D'. Voici de quelle manière on peut estimer l'effet produit dans cette opération : autant la longueur du levier C, à partir du centre de A, excédera le rayon du cylindre, autant la force appliquée en C sera augmentée au point E, où l'on peut supposer qu'elle agit contre le coin ou cambrure B. L'effort nécessaire pour élever D peut être connu en établissant le rapport de E F à E H, qui est la partie de la circonférence qu'on doit considérer comme la base de la cambrure. Ainsi, supposons la longueur du levier C égale à *trois*, et le rayon du cylindre égal à *un* ; si la force qui agit en C est *un*, son pouvoir en E sera *trois* ; et si la hauteur E F forme un tiers de la base de la cambrure B, cette puissance sera encore augmentée de *trois*, en sorte que *un* à C contre-balancera *neuf* à D. Ce mécanisme est extrêmement usité pour obtenir un mouvement direct et régulier ; il est plus prompt que la vis et capable de recevoir un très haut degré de précision.

La fig. 31 est une autre modification du coin. Ici, il est placé dans l'intérieur du cercle E, agissant par sa surface extérieure F, et forçant par son mouvement l'obstacle J à s'approcher du centre G. L'on appelle ce mouvement *mouvement de limaçon*.

Une autre manière de disposer le coin pour appliquer ses effets à un mouvement de rotation est représentée sur un côté et au sommet, fig. 32, où le

coin  $A B$  est placé sur un plateau circulaire  $C D$ , tournant sur l'axe  $E$ , et conséquemment produisant dans l'obstacle sur lequel il agit un mouvement équivalent à la ligne  $G A$ .

On obtient encore un mouvement d'une grande exactitude à l'aide d'un cône dont le principe d'action peut être rapporté à celui du coin. La fig. 33 représente un cône fixé sur son axe  $ik$ . Si l'on présente un obstacle au point  $a$  pendant que le cône est poussé dans la direction  $ki$ , la surface  $a$  agira comme coin sur  $abc$  en élevant l'obstacle en  $c$ ; mais si pendant ce mouvement direct le cône est forcé de tourner sur son axe, l'obstacle, au lieu de passer sur  $ac$ , passera en suivant la ligne hélicoïdale  $aged$  au point  $d$ ; par ce moyen il agit comme un coin dont la ligne d'inclinaison est égale au développement de la ligne  $aged$ , et dont la hauteur est égale à  $bc$ ; et si le nombre de révolutions du cône s'accroît pendant son mouvement direct, il est clair qu'il produit l'effet d'un coin d'un allongement indéfini.

La vis simple ou combinée est employée dans plusieurs parties des machines. La fig. 34 représente l'application à une presse de l'action combinée de deux vis qui dispense d'user d'une vis plus délicate où les filets seraient affaiblis par leur finesse. Supposons qu'une vis  $AA$  soit adaptée à une vis femelle dans la barre  $BC$ , et qu'une vis  $D$  travaille dans l'intérieur de  $A$ , en ayant son extrémité inférieure ajustée à la table supérieure de la presse  $H$ , de manière à ne pouvoir tourner. Si la vis  $AA$  et la vis  $D$  contiennent le même nombre de filets dans l'espace d'un centimètre, en faisant faire un tour à la vis  $AA$ , elle sera tirée en bas dans la même proportion que la vis  $D$  sera tirée en haut, et la table  $H$  ne sera point remuée. Mais supposons que la vis  $AA$  contienne quatre filets par centimètre et que la vis  $D$  en contienne dix, à chaque révolution,  $AA$  baissera d'un quart de centimètre, tandis que par la même action,  $D$  s'élèvera d'un sixième de centimètre; conséquemment la table  $H$  sera mue, à chaque révolution, proportionnellement à la différence qui existe entre un quart et un sixième, c'est-à-dire qu'elle descendra de la douzième partie d'un centimètre. Cet effet est alors semblable à celui qui serait produit au moyen d'une vis de douze filets par centimètre.

Pour plus d'éclaircissement nous comparerons l'action de chaque vis à celle d'un coin, machine de laquelle nous avons montré que la vis dérivait. La fig. 35 représente deux coins  $abh$  et  $ecd$ , qui sont censés représenter deux pas de vis dont les finesses sont respectivement indiquées par les hauteurs  $bh$  et  $ec$ . Si le coin  $abh$  est poussé jusqu'à la position  $a'ah'$  et qu'il opère dans son mouvement sur la surface plane  $ef$ , la ligne  $ae$  sera comprimée par ce mouvement et réduite à la ligne  $h'e$ ; mais si, pendant que cette action a lieu, le coin  $ecd$  est porté à la position  $e'c'e$  et que son effet ait lieu sur sa surface supérieure  $ed$ , la ligne  $ae$  sera seulement réduite à la ligne  $g'e$  égale à  $hd$ , et ne sera donc comprimée que de la somme  $g'a$ , qui est en effet égale à ce qu'aurait produit un coin de la finesse de  $abg$  dont la hauteur  $gb$  est justement égale à la différence entre  $ec$  et  $hb$ , comme dans le cas des deux vis.

De même que l'on gagne de la puissance en faisant exécuter par deux vis ou deux coins d'inégale finesse le même nombre de révolutions, les révolutions inégales de deux vis ou coins d'égale finesse produisent un résultat semblable.

## DES ROUES D'ENGRENAGE DANS LES MOULINS.

## DÉFINITIONS.

Dans ce chapitre nous traiterons de la meilleure forme à donner aux dents des roues, de l'assemblage des tiges, de l'engrenage des différentes parties, et de la régularisation du mouvement. Nous y joindrons quelques observations sur la construction générale des machines, et pour éviter d'inutiles répétitions, nous donnerons, avant d'entrer dans les détails de la formation des roues, une définition des termes communément employés dans cette partie.

*Roue à dents* est le nom générique des roues qui ont un certain nombre de crans ou dents placés sur leur circonférence.

Le *pignon* est une petite roue à dents, qui n'en porte en général pas plus de douze. Lorsque deux roues agissent l'une sur l'autre, on donne assez souvent le nom de pignon à la plus petite, et dans ce cas ce terme est employé dans le même sens que celui de *lanterne*, que les Anglais désignent par *trundle* ou *wallower*.

Quand les dents d'une roue sont faites de la même matière que la roue, et ne forment avec elle qu'une pièce, on les nomme simplement *dents*; quand elles sont d'autres matériaux, et apposées au cercle extérieur de la roue, elles prennent quelquefois le nom de *crans*; dans un pignon on les nomme *dents*; dans une lanterne de moulin on les appelle *fuseaux*. Elles sont mobiles ainsi qu'on le voit dans la figure 36.

En parlant de l'action d'un rouage en général, la roue qui agit comme moteur est appelée *maîtresse-roue* ou *conducteur*, et celle sur laquelle elle agit, *roue subordonnée*.

Si les dimensions d'une roue et d'un pignon sont telles que la roue fasse une révolution pendant que le pignon en fait quatre, on peut les représenter par deux cercles qui sont l'un par rapport à l'autre comme quatre est à un. Quand ces deux cercles sont placés de manière que leur bord extérieur se touche, une ligne tirée du centre de l'un au centre de l'autre est appelée *ligne centrale*, et les rayons des deux cercles sont les *rayons proportionnels*. Ces cercles sont quelquefois nommés *cercles proportionnels*; mais les constructeurs de moulins les appellent ordinairement *lignes de portée*.

Les dents qui doivent communiquer le mouvement sont établies sur ces deux cercles. La distance de leur centre aux extrémités de leurs dents respectives se nomme *rayon vrai*. En pratique, la distance entre les centres de deux dents contiguës, mesurée sur leur ligne de hauteur, se nomme *portée de la roue*. La partie droite d'une dent qui reçoit l'impulsion s'appelle *flanc*, et la partie courbe qui communique l'impulsion prend le nom de *face*.

Deux roues dentées peuvent être disposées de différentes manières l'une par rapport à l'autre, agir dans le même plan, et avoir leurs axes parallèles; ou encore elles peuvent être placées de manière que leurs axes fassent un angle quelconque; dans ce dernier l'engrenage est *conique*.



## DE LA CYCLOÏDE ET DE L'ÉPICYCLOÏDE.

Fig. 37. Si le cercle 1, ayant un point  $a$  marqué sur sa circonférence, se meut le long de la ligne droite  $A C$ , et tourne en même temps sur son axe, la ligne courbe que le point  $a$  décrit s'appelle *cycloïde*.  $a$ , dans le cercle 1, marque son point de départ ; à  $B$ , il a atteint sa plus grande élévation ;  $C$  est son point le plus bas ; la ligne courbe  $A B C$  décrite par ce point est la *cycloïde*.

Fig. 38. Si le cercle 1 roule sur un autre cercle, par exemple sur la circonférence du cercle 2, le point  $a$  décrit, de même que dans le cas précédent, la courbe  $a g h d e$ , et les cercles 3, 4, 5, 6, montrent le point  $a$  dans les diverses positions de  $a^1, a^2, a^3, a^4, a$ ;  $c a^1$ , partie du cercle 3, étant égal à  $c a$ ,  $c^2 a^2$  à  $c^2 a$ ,  $c^3 a^3$  à  $c^3 a$ , et  $c^4 a^4$  à  $c^4 a$ , la ligne ainsi décrite s'appelle une *épicycloïde extérieure*. Mais si le cercle roule dans un autre cercle, comme le cercle 1, fig. 39, roule dans l'intérieur du cercle 2, la ligne décrite par le point  $a$  se nomme *épicycloïde intérieure*.

Dans la fig. 38, le cercle  $a m n$  est le cercle *générateur de l'épicycloïde*; et la partie du grand cercle sur laquelle le cercle générateur roule pendant une de ses révolutions est la *base de l'épicycloïde*. Dans l'épicycloïde intérieure le cercle générateur roule dans le cercle de sa base.

On peut concevoir une épicycloïde, soit intérieure, soit extérieure, comme formée d'un grand nombre de petites parties de cercles, dont les rayons sont des lignes tirées des divers points de contact ; par exemple  $c, c^2, c^3, c^4$ ;  $c$  étant le centre d'un cercle,  $c^2$  d'un autre, et  $c^3$  d'un autre, en sorte que ces lignes soient, à l'égard de ces diverses positions, *rayons* de chaque cercle et normales de l'épicycloïde ; si on tire une ligne de l'un des points où le cercle générateur est en contact avec la base, au point qui décrit l'épicycloïde, cette ligne tombera perpendiculairement sur l'épicycloïde.

Comme les diverses lignes tirées des points de contact du cercle générateur sont dans tous les cas les *rayons* qui forment l'épicycloïde, il est évident que quand le cercle générateur a parcouru la moitié de sa base, et conséquemment accompli la moitié d'une révolution, le diamètre du cercle générateur sera une ligne tirée du point de contact au point générateur, laquelle ligne, si elle était prolongée, passerait par le centre du cercle de base. Le point décrivant sera donc dans cette partie de la ligne épicycloïde plus loin, et dans toutes les autres parties plus près de la base, puisque les perpendiculaires qui tombent des points de contact sur l'épicycloïde seront plus courtes dans toutes les autres positions.

Supposons que le cercle 1, fig. 40, soit un cercle générateur, et le cercle 2 le cercle de la base : si le diamètre du cercle 1 est égal au rayon du cercle 2, le point  $a$  décrira la ligne  $a b c$  comme une épicycloïde intérieure ; car si le diamètre du cercle 1 est égal à la moitié du diamètre du cercle 2, de même la circonférence du cercle 1 sera égale à la moitié de la circonférence du cercle 2 ; conséquemment, quand le cercle générateur 1 accomplira une révolution sur le cercle 2, le point  $a$  sera précisément à l'opposé de son point de départ ; or, le diamètre du cercle 1 est égal au rayon du cercle 2 quand il est

à mi-chemin, et le point décrivant est exactement dans le centre du cercle 2 : il est donc prouvé que l'épicycloïde décrite par le cercle 1 est une ligne droite, et forme le diamètre du cercle 2.

#### DENTS DES ROUES.

Si l'on met deux cylindres en contact l'un avec l'autre, le mouvement donné à l'un se communiquera à l'autre par le moyen de ces irrégularités inévitables de surface dont nous avons parlé à l'article *frottement*. Dans ce cas, le plus petit cylindre accomplira autant de révolutions pendant une seule révolution du plus grand cylindre que celui-ci contiendra de fois dans sa circonférence celle du petit cylindre.

Cependant les roues qui n'agissent que par le frottement de leur surface ne sont point propres à transmettre le mouvement dans une grande étendue ; celui qu'en reçoit la roue subordonnée n'a pas assez de pouvoir pour surmonter une grande résistance ; il devient donc nécessaire de l'armer de projections ou dents : la meilleure forme qu'on puisse donner à celles-ci est celle qui pourra faire agir la roue, même quand le mouvement est communiqué par le contact des lignes de portée.

*Engrenage plan.* Fig. 39\*. Pour obtenir la forme à donner aux dents de deux roues tournant dans le même plan, supposons que les trois cercles 1, 2, 3, en contact au point  $a$ , tournent de manière à se toucher continuellement au point  $a$ , leur mouvement respectif serait semblable à celui que produirait l'action par contact de l'un d'entre eux sur les deux autres : le cercle 3 sera mû comme s'il roulait sur la surface extérieure du cercle 1 et sur la surface intérieure du cercle 2 ; conséquemment il deviendra le cercle générateur de l'épicycloïde extérieure sur le cercle 1, et le cercle générateur de l'épicycloïde intérieure sur le cercle 2. Si le diamètre du cercle 3 est égal au rayon du cercle 2, l'épicycloïde intérieure sera une ligne droite passant à travers B, centre du cercle 2 ; et en supposant que le point  $a$  ait achevé cette partie de sa révolution qui le place en K, une partie de l'épicycloïde extérieure sera représentée par la ligne EK, et une partie de l'épicycloïde intérieure par DK.

Ainsi donc les épicycloïdes DK et EK, étant l'une et l'autre engendrées par un mouvement du même point sur le même cercle, toucheront continuellement le point générateur, et la surface totale de EK passera sur la surface totale de DK. Si l'épicycloïde EK est fixée à la surface extérieure du cercle 1, et qu'elle agisse sur la partie de l'épicycloïde DK, elle transmettra le mouvement au cercle 2, comme si ce mouvement était communiqué par le contact des lignes de portée.

De là, nous pouvons conclure que EK présente la forme de dents la plus avantageuse et la plus capable, par son action sur les rayons de la roue, de la faire marcher, quoique le mouvement soit communiqué par contact.

La fig. 40\* représente la forme à donner aux dents de roue qui doivent agir sur une lanterne. Le cercle 1 représente la ligne de portée de la roue, et le cercle 2 la ligne de portée de la lanterne, l'un et l'autre étant censés opérer par contact au point  $a$ . Quand  $a$  arrive à  $a'$ , il a décrit la partie d'épicycloïde représentée par  $a'a''$  ; et comme  $a$  est le point générateur de l'épicycloïde, la

distance de  $a$  à  $a^1$  et celle de  $a$  à  $a^2$  seront égales ; l'épicycloïde le  $a^1 a^2$  étant engendrée par le cercle proportionnel ou ligne de portée de la lanterne, présente la forme la plus convenable pour les dents d'une roue qui doit faire aller une lanterne, avec des barres circulaires posées dans ses lignes de portée.

Nous passerons maintenant aux applications pratiques de ces règles.

Supposons que le cercle 2 soit le cercle proportionnel ou la ligne de portée d'une lanterne, et le cercle 1 la ligne de portée d'une roue destinée à faire mouvoir cette lanterne, et que, par la révolution de ces deux cercles, la partie  $a^1 a^2$  d'une épicycloïde soit engendrée, en sorte qu'une ligne tirée de  $a^2$  au centre du cercle 1 coupe ce cercle en  $b$ ; la distance de  $a^1$  au point  $b$  est telle, que si on en retranche la valeur d'un demi-diamètre d'un des fuseaux de la lanterne, le reste est égal à la moitié de l'épaisseur des dents de la roue. Portez en dedans de l'épicycloïde, perpendiculairement à la courbe et sur autant de points que vous voudrez, une longueur égale au demi-diamètre d'un des fuseaux, et faites passer une ligne à travers les points ainsi établis, elle sera parallèle à l'épicycloïde  $a^1 a^2$ , et formera la face d'une dent de la roue. Cette dent sera plus petite que la dent formée par l'épicycloïde  $a^1 a^2$ , de la valeur du demi-diamètre d'un fuseau de la lanterne. La diminution peut même être plus grande, car la largeur  $g g$  doit être suffisante pour que les fuseaux puissent se dégager d'eux-mêmes, l'épicycloïde devant agir sur leur surface dans tout son développement.

Fig. 41. Pour décrire les dents d'une roue à lanterne par le moyen d'arcs circulaires, supposons que  $A B$  soit la ligne centrale,  $C D$  la ligne de portée de la roue,  $E F$  la ligne de portée de la lanterne, et que le centre du fuseau  $G$  soit dans la ligne centrale  $A B$ ; si l'on place une pointe de compas dans le centre de la crosse  $G$ , et que l'on décrive l'arc  $m n$ , on obtiendra la face d'une dent dont la forme se rapprochera beaucoup de celle de l'épicycloïde.

Fig. 42. Pour trouver la forme propre aux dents d'une roue et d'un pignon qui doivent agir ensemble, il faut établir sur les lignes de portée les points  $m n a$  et  $p q r$ , etc., suivant la largeur des dents et la distance qu'elles doivent avoir entre elles. De ces points, tirez des rayons qui seront les flancs ou côtés des dents, en conservant aux espaces assez de profondeur pour permettre l'action de la partie courbe des dents.

Avec le cercle générateur dont le diamètre est égal au rayon proportionnel du pignon, décrivez sur les extrémités des côtés de chaque dent, et sur la circonférence du cercle proportionnel de la roue comme base, les épicycloïdes  $a b, b n$ : avec le cercle générateur 2, décrivez sur le cercle proportionnel du pignon, comme base, l'épicycloïde  $q D$ , vous obtiendrez les formes qui conviennent pour les dents de la roue et du pignon.

En effet, si l'épicycloïde  $a b$  porte contre le rayon  $f r$  du pignon proportionnel, la roue et le pignon seront mus avec une extrême vitesse, et l'épicycloïde  $P D$ , poussée par le rayon  $o m$  de la roue vers la ligne centrale, produira le même résultat.

Fig. 43. Quand une roue est destinée à en faire marcher une autre, il n'est pas nécessaire que la dernière ait des dents de forme épicycloïde; et si les dents n'étaient pas sujettes à s'user par le frottement, il n'y aurait aucun motif pour étendre celle de la roue subordonnée au-delà de la ligne de portée;

mais comme il n'en est pas ainsi, on doit former les dents de cette roue de la manière représentée dans la figure par les lignes pleines.

Buchanan, dans son *Essai sur les dents des roues*, fait quelques objections contre ce mode de former les dents de la roue subordonnée, et recommande d'employer plutôt une lanterne ou roue avec des fuseaux cylindriques; il pense qu'elle sera moins soumise à l'action à mesure qu'elle se rapprochera de la ligne centrale, et par conséquent supportera moins de frottement qu'un pignon ou une roue dont les côtés des dents tendent au centre.

— On voit en effet, dit-il, par la fig. 44, qui représente un fuseau *a* appartenant à une lanterne, une dent *b* appartenant à un pignon tournant autour du même centre *A*, et une dent adaptée à chacune, tournant sur un centre commun *B*. L'épaisseur de chaque dent et le cercle proportionnel des roues sont égaux; les cercles proportionnels des pignons le sont aussi; chaque dent a la plus grande longueur que l'intersection des courbes puisse admettre, et l'on voit que la dent qui agit sur le fuseau est plus longue. Les lignes pleines représentent la dent qui agit sur le fuseau, et les lignes ponctuées indiquent la dent qui agit sur le pignon à dents rectilignes. Dans les deux cas, les dents sont figurées au point où elles cesseraient de faire mouvoir les pignons uniformément. On voit que le fuseau est conduit beaucoup plus loin que la dent rectiligne au-delà de la ligne centrale; il en résulte que l'action sur le fuseau sera moindre à mesure qu'il approchera de la ligne centrale.

Comme dans l'usage commun la lanterne est très faible et très imparfaite, M. Buchanan a pensé qu'on pouvait construire une roue qui réunirait les avantages du pignon à ceux de la lanterne, et, d'après ses idées, on en a fait quelques-unes qui paraissent répondre à ses vues.

— Ces roues, dit-il, sont faites de fonte, chacune d'une seule masse. Le n° 1, fig. 46, représente le profil, et le n° 2 une section de l'une d'elles. On voit que les roues sont supportées comme les fuseaux d'une lanterne à chaque bout, et comme les dents d'un pignon à leurs racines; mais elles sont si minces en cet endroit qu'elles ne risquent point d'avoir le défaut ordinaire aux pignons duquel nous venons de parler. Ces roues ont été difficiles à modeler; mais si l'usage en devenait plus commun, je ne doute pas que d'ingénieurs ouvriers ne finissent par vaincre cet obstacle<sup>1</sup>. J'ai observé, continue le même auteur, que dans le cas où le pignon avait peu de dents, soit pour la roue, soit pour le pignon, les fuseaux étaient préférables; mais il est évident que ces petites lanternes de fonte que nous venons de décrire ne pouvaient s'appliquer à des roues ayant un grand nombre de fuseaux. Et dans ce cas, ce moyen ne serait pas nécessaire, d'autant que, plus le nombre des dents est grand, plus elles perdent de leur forme ordinaire. En ces occasions on ne devrait pas, à proprement parler, se servir de fuseaux, mais bien de dents construites pour

<sup>1</sup> En fondant des plaques séparées avec des entailles pour fixer les dents, et en les rivant ensemble, on ferait un pignon suffisamment fort : cette méthode est en effet employée fréquemment dans la construction des grucs, où elle offre l'important avantage d'empêcher les roues de sortir et de vaciller.

*N. B.* Cette note est de M. Tredgold, éditeur de la seconde édition du *Traité pratique des moulins*, de Buchanan.

produire le même effet, c'est-à-dire ayant leurs parties agissantes formées comme des fuseaux. Ceci sera mieux compris si l'on examine la fig 45, où l'on voit le changement à faire sur la dent A pour qu'elle produise l'effet d'un fuseau qui serait représenté par le cercle ponctué. Les lignes pointillées sur *d* représentent l'altération à faire à cette dent pour l'adapter à la lanterne.

« Les dents, dit M. Tredgold dans la seconde édition de l'ouvrage de M. Buchanan, lorsqu'elles sont construites d'après le principe développé dans l'article précédent, sont applicables à diverses fins. J'essaierai donc d'indiquer une méthode simple pour les décrire.

« On doit toujours observer que, si l'on veut que les dents aient la forme de fuseaux, il faut toujours qu'elles soient sur la roue subordonnée ou pignon, fournissant ainsi le double avantage d'une roue et d'une lanterne, soit en augmentant, soit en diminuant la vitesse.

« Fig. 38\*. Divisez les dents comme à l'ordinaire sur les lignes de portée EE, FF, et décrivez sur la roue subordonnée C des cercles comme s'ils devaient former des fuseaux. Prenez le centre d'un de ces fuseaux dans la ligne des centres en A, et tirez la ligne A B passant par tous les centres. Du point A comme centre, et avec A *b* pour rayon, décrivez un cercle; la partie *b c* formera le côté courbe de la dent de la roue conductrice, et la partie *b a* formera le côté courbe correspondant de la roue subordonnée. Ce rayon est égal à la portée diminuée de la moitié du diamètre du cercle du fuseau; en le conservant et en prenant d'autres centres de la même manière sur les lignes de portée des roues, on décrira aisément toutes les autres dents. »

Fig. 47. Quand on veut qu'un pignon n'ait qu'un mouvement lent, on emploie un pignon intérieur qui a moins de frottement que le pignon extérieur.

Pour éclaircir ceci, supposons que A, fig. 48, est le cercle proportionnel de la ligne de portée d'une roue, B celui d'un pignon extérieur, et C celui d'un pignon intérieur, tous en contact au point *a*. Si le mouvement est communiqué aux roues de manière à ce qu'elles se meuvent uniformément, on verra que lorsque le point *a* est arrivé à *b c d*, chaque roue ayant parcouru une égale distance à partir de la ligne centrale D, l'espace de *b* à *c* est beaucoup moins grand que celui de *c* à *d*; et conséquemment, si les roues avaient été mises en mouvement par le moyen de dents, la dent du pignon intérieur C aurait glissé sur une plus petite partie d'une des dents de la roue A que ne l'aurait fait une dent du pignon extérieur B, ce qui prouve qu'elle aurait eu moins de vitesse et par conséquent moins de frottement.

La fig. 49 représente une crémaillère et un pignon dont l'usage est recommandé par M. Tredgold. A B est la ligne de portée de la crémaillère; B C la ligne de portée du pignon, et la forme de la dent C D est la développante d'un cercle; mais quand la crémaillère prend le pignon, chacune de ses dents doit être une cycloïde (comme A *a*, fig. 37), et les dents du pignon doivent en former les rayons: le diamètre du cercle générateur, pour décrire les dents épicycloïdes, doit être la moitié du diamètre proportionnel du pignon.

*Engrenage conique.* — Nous avons déjà dit que lorsque les axes des roues forment un angle entre eux, on dit qu'elles forment un *engrenage conique*, pour les distinguer de celles dont les axes sont disposés parallèlement; nous allons exposer la manière de décrire les dents pour l'engrenage conique.

Il est représenté par les deux cônes, fig. 50, dont A B et B C sont les axes, et D E et E F les diamètres des cercles proportionnels ou lignes de portée.

Si ces deux cônes sont mis en contact serré, et que le mouvement soit communiqué à l'un d'eux, ce mouvement, comme on l'a déjà démontré, sera communiqué à l'autre, et le mouvement des deux sera égal.

L'épicycloïde est engendrée par l'un des cônes roulant sur la surface de l'autre, tandis que leurs sommets coïncident. Par exemple, si le cône C, fig. 51, avait un point *a* se mouvant sur la surface du cône D, le point *a* dans ses révolutions décrirait la ligne A E F, A étant son point de départ, F sa plus grande élévation, E son point le plus bas. La ligne courbe passant par les points A, E, F, est ce qu'on appelle une épicycloïde *sphérique*; et la base du cône C est le *cercle générateur* de l'épicycloïde *sphérique*. La manière d'employer l'épicycloïde sphérique pour former les dents de la roue à coude est à tous égards semblable à celle dont on se sert pour former les dents de la roue à éperon par le moyen de l'épicycloïde intérieure et extérieure, il n'est donc pas nécessaire de la répéter.

Fig. 52. Pour construire un rouage à beveau, il faut calculer les diamètres proportionnels ou lignes de portée de la roue et du pignon qui doivent agir l'un sur l'autre, et tracer leurs axes A B et B C. Tirez parallèlement à l'axe A B de la roue la ligne D E, et la ligne F D parallèlement à l'axe du pignon; du point D où ces deux lignes se rencontrent, tirez la ligne D G perpendiculaire à A B, et D H perpendiculaire à B C, et faites J G égal à D J, et K H égal à D K; D G donne ce qu'on appelle le *diamètre principal* ou *diamètre de la ligne de portée de la roue*, et D H celui du pignon.

Pour décrire les dents de la roue, fixez la pointe du compas sur le point B, portez l'autre pointe en G, et tracez le petit arc G *a*; puis établissez la longueur de la dent de G à *b*, tirez la ligne *b c* tendante vers B et décrivez l'arc *c e* concentrique à *b a*. Établissez de G à *f* la portée de la longueur requise de la dent du principal diamètre à la racine, et tirez la ligne *f g* tendante vers B qui donne la racine de la dent. Tirez *a e* parallèle à *f g*, et *a f g e* représenteront une section de l'anneau solide de la roue.

Dans l'excellent article sur les moulins de l'Encyclopédie du docteur Rees, il est dit : Que la manière de donner aux dents des roues d'engrenage une forme par laquelle leur action réciproque soit la plus égale possible et cause le moins de frottement, a été le sujet de beaucoup de recherches parmi les mathématiciens et les machinistes; mais les ouvriers constructeurs de moulins ont trouvé, par la pratique et par l'observation, une méthode pour former les roues à dents, qui répond à peu près, sinon d'une manière absolue, aux courbes géométriques indiquées comme le mode le plus convenable pour atteindre ce but. Ils y sont parvenus en faisant les dents des roues modernes extrêmement petites et très nombreuses. Dans ce cas, le temps de l'action de chaque paire de dents est si court, que leur forme devient comparativement peu importante. La méthode pratiquée par les constructeurs de moulins qui se servent d'arcs de cercles pour les courbes approche de si près de la méthode scientifique, que la différence est de peu de conséquence; leur manière est même la meilleure, parce qu'elle donne le moyen de faire aisément toutes les dents exactement semblables et de les établir à des distances égales, ce qui est bien

moins facile à exécuter par le moyen de toute autre courbe que le cercle. Cette méthode fort simple est expliquée fig. 53. La roue étant faite, et les dents fixées sur elle, mais beaucoup plus larges qu'elles ne doivent être, on décrit un cercle *a a* autour de la face de ces *roues ébauchées* sur son diamètre de portée, qui est le diamètre géométrique, ou la ligne agissant des roues; en sorte que, quand les deux roues travaillent ensemble, les cercles de portée *a a* de l'une et de l'autre sont en contact. Un autre cercle *b b* est décrit en dedans du cercle de portée pour le fond des dents, et un troisième *d d* en dehors du cercle pour leurs extrémités. Après ces préparations, le cercle de portée est exactement divisé en un nombre de parties égal à celui des dents que la roue doit avoir : on prend un compas dont l'ouverture est égale à une et un quart de ces divisions, et sur chaque côté de chaque division de la ligne de portée *a* on décrit des arcs limités par le cercle extérieur *d d*. Ainsi, par exemple, la pointe du compas étant placée dans la division *e*, on trace la courbe *f g* sur l'un des côtés de la dent, et la courbe *n o* sur l'autre côté; on place ensuite la pointe du compas sur la division adjacente *k*, et l'on décrit la courbe *t m* qui complète la partie courbe des dents *e*. Le même procédé, répété tout autour, complète chaque dent : la partie de la dent qui est dans l'intérieur du cercle *a* est limitée par deux lignes droites tirées des points *g* et *m* vers le centre. La même chose étant répétée tout autour, la roue est établie, et les dents ont à très peu près la forme convenable pour travailler. Elles auront toutes la même largeur; et l'espace entre chacune d'elles se trouvera exactement égal à la largeur, si l'on a eu soin d'ailleurs de maintenir l'ouverture du compas qui doit être égale à une division et un quart, comme il a été dit ci-dessus.

## DES ASSEMBLAGES.

*Les boîtes d'assemblage* ou *manchons* servent à réunir les différentes parties des arbres ou tirants qui communiquent le mouvement des roues à un mécanisme. Elles sont également employées à interrompre le mouvement d'une partie de la machine, ou à en changer la direction. Le manchon peut être carré ou rond. La fig. 54 représente un manchon carré B, qui peut glisser sur l'arbre A, et auquel on le fixe par une cheville, ainsi qu'on le voit en F. Le manchon rond fig. 55 se fixe sur l'arbre au moyen de deux boulons en fer A B et C, qui le traversent dans toute son épaisseur. Comme il est presque impossible de dresser les deux parties de l'arbre qui doivent être réunies assez exactement pour que l'assemblage soit parfait, il arrive souvent que les deux parties de l'arbre jouent l'une dans l'autre, et gênent le mouvement. Ces deux espèces d'assemblages ont été trouvés désavantageux dans les machines à moudre. L'assemblage suivant est supérieur aux deux précédents, en ce qu'il possède jusqu'à un certain degré la propriété de se plier à toutes les directions. Pour transmettre le mouvement à travers une grande longueur de tige où il n'y a que peu de pression latérale, on peut user de ce mécanisme avec grand avantage; mais dans les cas où il y a beaucoup de cette pression, on a trouvé que les coussinets portaient en dehors et se relâchaient, ce qui occasionne un mouvement irrégulier et saccadé. On a représenté une section

longitudinale de cet assemblage fig. 56 : A et B sont les deux parties de l'arbre qui doivent être réunies ; D, D, deux chevilles qui doivent traverser chacune de ces parties. C C est la boîte d'assemblage qui glisse sur l'arbre pour maintenir les deux parties en ligne droite ; souvent cette boîte, ou *manchon*, est fixée au moyen d'une fiche.

Les crampons, ou glandes, peuvent être avantageusement employés comme moyen d'assemblage pour les doubles portées. La fig. 57 représente un assemblage de cette espèce ; il consiste en deux croix A A et B B, fixées chacune sur une tige : B B a son extrémité courbée en avant, et s'accroche à A A, qui fait tourner cette tige .

Dans les moulins à forer ou à alézer, on se sert de deux espèces d'assemblages. Celui que représente la fig. 58 est employé dans les foreries de petites dimensions. A B est une plaque ronde en fer fondu, solidement fixée sur la partie C de l'arbre. D E est un levier attaché à la partie H de l'arbre, au moyen du bouton F. Ce levier est arrêté par les crans G, G, G, G, de la plaque A B, et tourne avec elle ; il communique alors le mouvement à l'arbre H, qui porte l'alézoir.

La seconde espèce d'assemblage, employée pour les foreries et les alézoirs de grande dimension, est représentée fig. 59. La seule différence qui existe entre cet assemblage et le précédent consiste en ce que le levier D E tourne autour d'une charnière F D fixée sur la plaque de fonte J K L, au lieu d'être simplement attachée à l'arbre H. On a pratiqué sur la plaque des crans pour être employés dans le cas où ceux qui sont en action viennent à se briser ; ils soutiennent le levier près du point de pression, et préviennent toute interruption dans le mouvement de la machine.

Quand une machine est mise en train, il arrive souvent que la manivelle se trouve du mauvais côté de l'axe du volant, en sorte que cette roue et l'axe font un ou deux tours, et même plusieurs tours dans la mauvaise direction, si la personne qui dirige le travail est négligente. Pour prévenir cet accident, et le mal qui peut en résulter, on se sert d'un assemblage tel que celui qui est représenté fig. 60. A et B sont deux axes verticaux, maintenus sur une même ligne par une petite cheville circulaire qui passe de l'axe B dans une cavité pratiquée dans l'axe A, laquelle cavité est assez large pour permettre à la cheville de s'y introduire sans mettre en mouvement l'axe A. L'axe B, qui est lié à la puissance motrice, porte un plateau de fonte de dents inclinées dans un sens, et verticales dans l'autre. La boîte ou manchon C, qui peut glisser librement du haut en bas sur la partie carrée de l'axe A, a une rangée de dents correspondantes ; il est donc évident que quand l'axe B tourne dans le sens convenable, les côtés perpendiculaires des dents des pièces s'emboîtent l'un dans l'autre, et, agissant ensemble, entraînent l'axe A dans un mouvement de rotation. Mais quand B tourne dans une mauvaise direction, les côtés inclinés des dents de la boîte d'assemblage glissent sur les côtés inclinés des dents de la pièce placée sur l'axe B, et font ainsi mouvoir la boîte C de haut en bas, sans communiquer le mouvement à l'axe A.

La fig. 61 représente l'assemblage employé par MM. Boulton et Watt

† Voyez Buchanan, Essai sur les moulins.



dans leur machine à vapeur portable. A est une forte cheville en fer fixée dans l'un des bras du volant B; D est une manivelle liée à l'axe C; et E, un anneau pour unir ensemble la cheville A et la manivelle D, en sorte que le mouvement puisse être communiqué à l'axe C.

Les jointures universelles de Hook sont quelquefois employées, au lieu de roues coniques, pour communiquer le mouvement d'une manière oblique. La fig. 62 représente une jointure universelle *simple*, qui peut être employée quand l'angle n'excède pas quarante degrés, et que les axes doivent se mouvoir avec une vitesse égale. Les axes A et B, étant liés l'un à l'autre par une croix, se meuvent sur les cercles aux points E E et D F, et ainsi, lorsque l'axe A est mis en mouvement, l'axe B tourne par un mouvement semblable dans sa position respective.

La jointure universelle *double*, fig. 63, donne le mouvement en différentes directions quand l'angle est entre 50 et 90 degrés. Elle peut se mouvoir sur les points C, H, J, K, liés à l'axe B; de plus, sur les points L, M, N, J, liés à l'axe A: ainsi les deux axes sont liés de manière que l'un ne peut tourner sans que l'autre tourne également. Ces jointures peuvent être construites par une croix de fer, ou avec quatre chevilles fixées aux quatre angles sur la circonférence d'un cerceau, ou d'une boule solide: elles sont d'un grand usage dans les moulins à coton, où les axes tombants sont continués à une grande distance de la force mouvante; car, par l'application d'une jointure universelle, les axes peuvent être coupés à des longueurs convenables, et par là mis à même de surmonter une plus grande résistance.

#### DES MOYENS DE METTRE EN TRAIN ET D'ARRÊTER LE MOUVEMENT D'UN MÉCANISME.

La connaissance des meilleurs moyens pour engrener et désengrener les différentes pièces d'un mécanisme, ou, en termes d'ouvriers, de mettre une machine en train et de l'arrêter, est extrêmement nécessaire dans la plupart des manufactures; cependant il arrive souvent que les ouvriers sont ou très ignorants ou très négligents à cet égard.

La matière possède une certaine propriété, nommée *inertie*, qui tend à la maintenir dans l'état où elle se trouve; c'est-à-dire que, si un corps est mis en mouvement, cette propriété tend à le maintenir pour toujours en cet état, et certainement ce mouvement ne cesserait pas s'il n'était graduellement altéré par le frottement, ou subitement arrêté par une force supérieure.

Aussi, lorsqu'une machine d'une grande force se meut avec vitesse, et qu'une de ses parties, qui jusque-là était demeurée dans l'inaction, se présente tout à coup pour prendre part à son jeu et se mettre avec elle en mouvement, on voit souvent la secousse qui résulte rompre les dents des roues, et détraquer le mécanisme. Pour remédier autant que possible à cet inconvénient, il faudrait donc avoir recours aux moyens dont l'expérience a établi la supériorité. Il en est un bien simple d'empêcher, jusqu'à un certain point, que les dents ne se brisent; c'est de mettre d'abord en mouvement avec la main la nouvelle roue que l'on veut introduire dans le jeu de la machine.

Les moyens adoptés pour engrener les machines avec les moteurs, ou pour

les désengrener, sont en très-grand nombre ; nous nous bornerons à citer les principaux.

La fig. 64 représente la poulie *glissante*. P est une poulie ou molette faite de telle façon qu'elle peut sans difficulté tourner sur l'axe, et glisser le long de cet axe. B est le prolongement de l'axe ; il porte une entaille ou rainure d'une largeur suffisante pour permettre d'y adapter le levier L, avec lequel on peut faire glisser la poulie P le long de l'axe. Cette poulie porte des dents I, L, qui sont saillantes, et qui peuvent entrer dans des trous pratiqués au disque de fonte ou moulinet C G, qui fait corps avec l'axe A D. Ainsi, lorsqu'on veut mettre cet axe en mouvement, il suffit de presser la poulie avec le levier, de façon que ses dents engrènent dans le disque C G, qu'elle entraîne alors dans son mouvement de rotation.

La fig. 65 représente une méthode très simple pour exécuter cet engrenage. Elle consiste dans l'emploi de deux poulies ou disques B et C : la première est fixée sur l'arbre A, tandis que la seconde peut tourner dessus sans lui communiquer son mouvement ; on l'appelle *poulie folle*. L'extrême simplicité de cette invention est remarquable en ce que l'axe A peut être mis en action ou arrêté à volonté sans qu'il en résulte la moindre secousse, puisqu'il suffit de faire passer une courroie d'une poulie sur l'autre.

La *baïonnette*, dans sa construction, ressemble sous de certains rapports à la poulie glissante. On en voit la représentation dans la fig. 66. A est une poulie qui se rattache au moyen d'une courroie à la machine mouvante, et tourne sur l'arbre (longue pièce de bois ou de métal sur laquelle sont fixés les rouages) horizontal B C, qui est en repos ; D E est une poulie ou roue de métal ou de bois fixée sur l'arbre horizontal, et percée de deux trous destinés à recevoir les deux jambes de la *baïonnette* ; F G est la *baïonnette*, qui peut se mouvoir en avant et en arrière sur l'arbre horizontal, selon qu'on pousse le manche H H ; de sorte que lorsqu'on veut faire mouvoir l'arbre B C, on n'a qu'à pousser la *baïonnette* dans la poulie D E, qui sur-le-champ l'entraîne et la fait tourner avec elle.

La fig. 67 représente une des manières les plus simples d'engrener et de désengrener les rouages. A B, coussinet sur lequel repose la roue n° 1, fait les fonctions d'un levier, dont le point d'appui serait en A ; son extrémité B se soulève au moyen de la clef K K. Veut-on arrêter la roue n° 2, on n'a qu'à appuyer sur la clef ; l'extrémité se soulève, ainsi que l'indiquent les lignes pointées, et les roues sont désengrenées.

La fig. 68 représente une espèce de frein composé d'un cylindre D, qui presse sur la courroie de deux poulies A et B, destinées, l'une à recevoir, l'autre à transmettre le mouvement ; au cylindre D s'adapte une manivelle dépendante d'un levier G F. Quand on veut que la poulie A, déjà mise en mouvement, le communique à l'autre poulie B, il faut abaisser le levier G F, qui resserrera la courroie en plaçant le cylindre dans la position que représentent les lignes ponctuées, et fera tourner la poulie B simultanément avec la poulie A, qui lui communiquera son mouvement.

Quand la vitesse est considérable, on se sert, pour engrener et désengrener les machines, d'une espèce d'engrenage à frottement disposé ainsi qu'on le voit dans la fig. 69. A est une poulie tournant librement sur l'arbre ou fût S S : B, une autre poulie également susceptible de tourner sur l'arbre S S :

C C est un ressort retenu dans la place qu'il occupe par la cheville *p p*, et pressant la poulie B contre le collier D fixé sur l'arbre avec lequel il tourne. Quand on veut communiquer du mouvement à l'arbre S S, on dirige la poulie A vers la poulie B; alors les dents en saillie sur le côté de la poulie A s'engrènent dans celles de la poulie B, et la font tourner simultanément avec elle; le frottement de la poulie B contre le collier D détruit graduellement l'inertie, et entraîne, dans son mouvement de rotation, l'arbre et tout ce qui en dépend.

On voit représenté dans la fig. 70 une méthode d'une intention parfaite, en ce qu'elle prévient toutes ces secousses nuisibles qu'éprouvent généralement les machines lorsqu'il s'agit de les mettre en jeu. C C est un moulinet fixé sur l'arbre mouvant A; et E une poulie ou *tambour* fixé sur l'arbre à mouvoir B. Veut-on faire mouvoir l'arbre B, on n'a qu'à faire passer la *baïonnette* dans les bras du moulinet C C, et accrocher l'anneau à vis I I qui par ce moyen se trouve emporté dans le même mouvement de rotation avec l'arbre; alors le frottement de l'anneau à vis I I sur le *tambour* ou poulie E fait que le *tambour* et l'arbre B, auquel il s'attache, tournent également.

Le *cône à frottement* ressemble beaucoup dans ses effets à l'appareil à frottement indiqué ci-dessus. Sur l'arbre mouvant A, fig. 71, est fixé un cône C; et sur l'arbre B est un autre cône D, susceptible de s'adapter dans le cône C. Le cône D peut glisser sur une partie carrée de l'arbre B, et s'arrête ou se meut au moyen d'un levier. Faisons mouvoir le cône D en avant, le cône C participera à ce mouvement, qui lui sera communiqué par sa surface intérieure.

Dans la fig 72 est représenté un engrenage qui peut se dégager de lui-même. Deux arbres A et B supportent l'un et l'autre une roue de fonte, et sont garnis de quatre dents obliques: la roue placée sur l'arbre B peut glisser sur cet arbre, tandis que la roue B est fixe. Quand les deux roues sont engrenées, les dents de la roue C entrent dans celles de la roue D, et la font tourner, ainsi que l'arbre A. E F G est un levier recourbé, dont le point d'appui est en F, et qui, durant la pression ordinaire qu'il exerce sur B, fait avancer la roue C par le poids de la partie F G; mais quand il se fait un effort extraordinaire sur l'arbre B, la pression qui s'exerce sur les dents obliques force la roue C à reculer, et la désengrène; alors le levier repose sur une espèce de loquet jusqu'à ce que l'ouvrier ait fait réengrèner la roue C en pressant sur le levier.

#### DE LA MANIÈRE DE RÉGULARISER LE MOUVEMENT DES MACHINES.

Il est de la plus grande importance, pour maintenir de l'uniformité dans son mouvement, de régulariser la vitesse d'un moulin, soit que la force du premier moteur soit incertaine et variable, ou que cette variation résulte de la résistance ou de la fatigue de la machine. L'effet de l'une ou de l'autre, ou de l'une et de l'autre de ces deux causes sera d'accélérer ou de ralentir la vitesse du moulin, ce qui, dans une foule de circonstances, peut porter un préjudice réel à ses opérations. Ainsi, dans un moulin à filer, qui marche au moyen

d'une roue à eau, il existe une infinité de mouvements qui, pour différentes causes, sont suspendus de temps à autre. Or, cette suspension naturellement tend à diminuer la résistance du premier moteur, et le jeu de l'ensemble de la machine s'en trouve par conséquent accéléré. D'un autre côté, l'eau, qui fait marcher la roue, peut, par différentes causes assez fréquentes dans les grandes rivières, s'élever, tomber tout à coup, et produire la même irrégularité dans la vitesse de la roue. C'est pour parer à ces inconvénients que de judicieux mécaniciens ont imaginé des espèces de régulateurs dont l'effet est de combattre et de détruire toutes ces causes d'irrégularité; de manière qu'un grand moulin disposé selon leur système marchera, quant à sa vitesse, avec toute la régularité d'une montre. Ces régulateurs prennent en général le nom de *balancier*, et sont construits sur différents principes. Ceux qui sont le plus communément en usage sont les volants, qui agissent par la force centrifuge de deux lourdes masses de fer, fixées aux deux extrémités d'une barre de même métal, et tournant sur un axe vertical. La machine à vapeur, fig. 189, nous représente cet ingénieux appareil réduit à sa forme la plus simple : A A est un axe vertical que le jeu de la machine fait constamment tourner; à partir de *a*, deux bras ou pendules qui s'y réunissent, portent chacun à leur extrémité une lourde masse de plomb ou de fer *b*, *b*; du pendule partent deux chaînes ou verges de fer *d d*, auxquelles se rattache un *collier e* disposé de manière à parcourir librement l'axe d'un bout à l'autre, et portant à sa circonférence une rainure dans laquelle se loge l'extrémité d'un levier fourchu, D; de sorte que, selon que le *collier e* s'élève ou s'abaisse, les mêmes mouvements se répètent à l'extrémité du levier D; mais le *collier* peut toujours tourner librement avec l'axe en dedans de la *fourchette*, à l'extrémité du levier. Voici quelles sont les fonctions du *balancier* : dès que l'axe vertical entre en mouvement, les masses *b*, *b*, cédant à la force centrifuge, tendent à s'éloigner du centre, et en effet elles s'en éloignent : et, comme cet éloignement se fait simultanément de part et d'autre, il en résulte que le *collier e* et l'extrémité du levier s'élèvent; les masses sont emportées à une certaine hauteur, et s'y maintiennent tant que l'axe conserve la même vitesse, attendu qu'il est de la nature d'un pendule, tel que *b*, de faire plus d'efforts pour revenir à la verticale selon qu'il en est plus éloigné, par la raison fort simple que la verge, étant alors plus inclinée, porte une moins grande partie de son poids. La pesanteur des masses pour retourner à l'axe peut être considérée comme une quantité constamment croissante; au lieu que la force centrifuge, les obligeant à s'éloigner de l'axe, dépend entièrement de la vitesse qui leur est communiquée. Mais cette vitesse augmente, indépendamment d'aucune augmentation de vitesse dans l'axe, selon qu'elles s'écartent davantage, par la raison toute simple qu'elles décrivent alors un plus grand cercle. De la combinaison de ces forces agissant en sens contraires, il résulte que le régulateur n'en devient que plus sensible et plus délicat. Ainsi, supposons que les masses, tombant perpendiculairement, donnent le mouvement à l'axe et le fassent marcher d'une certaine vitesse; par la force centrifuge elles s'éloigneront, et leur vitesse s'en trouvant augmentée ( puisqu'elles décrivent un plus grand cercle), leur force centrifuge deviendra aussi plus grande, au point qu'elle les emporterait à une distance encore plus considérable du centre sans la force opposée, c'est-à-dire sans la pesanteur des masses, qui

tend à les y ramener. Cette pesanteur, ainsi que nous l'avons déjà dit, est une quantité croissante ; ce qui fait que ces deux forces opposées, lorsqu'elles sont arrivées à un certain point, se mettent en équilibre l'une avec l'autre ; c'est-à-dire que les masses s'écartent, jusqu'à ce que leur tendance à revenir fasse équilibre avec la force centrifuge.

Mais, s'il survient le moindre changement dans le mouvement de l'axe, l'équilibre se trouve détruit par l'augmentation ou la diminution de la force centrifuge, les masses ne sont plus à égale distance du centre, et l'élévation ou la chute du bout du levier tend à rectifier la cause de l'irrégularité. Dans une machine à vapeur, par exemple, le balancier agit sur un registre qui intercepte le passage de la vapeur entre la chaudière et le cylindre ; si le jeu de la machine se ralentit par l'effet d'une plus forte résistance, les masses retombent un peu, et le levier tombant en même temps fait ouvrir le registre ou soupape, et donne une plus large issue à la vapeur, laquelle, s'échappant avec plus d'abondance, rend à la machine sa vitesse primitive. Dans le cas contraire, c'est-à-dire si le mouvement est trop accéléré, les masses s'écartent de plus en plus, et la soupape en s'abaissant ne laissant plus échapper autant de vapeur, la vitesse de la machine décroît nécessairement.

Le régulateur ne s'applique pas aussi facilement à la roue à eau, parce que la vanne d'une grande roue exige une force beaucoup plus grande que celle du levier D, pour l'élever ou l'abaisser lorsque l'eau agit sur elle ; alors il faut avoir recours à un mécanisme auxiliaire qui ait assez de force pour faire mouvoir la vanne, et puisse être mis en mouvement ou arrêté par l'action du pendule. Le régulateur le plus simple pour la roue à eau, dont on ait fait usage jusqu'ici, est à notre avis celui de la filature de coton de M. Strutt, à Belper, comté de Derby. Voici comment il était disposé : on avait creusé près de la roue à eau un puits carré ou large citerne ; un tuyau, recevant l'eau de l'écluse, la versait dans ce puits, qu'un autre tuyau servait à vider ; tous deux étaient munis de robinets ou écluses pour arrêter à volonté le passage des eaux. Une espèce de caisse *flottante*, qui remplissait à peu près l'ouverture du puits, s'élevait ou descendait avec l'eau qu'il contenait, et correspondait par une crémaillère et par des rouages avec le mécanisme propre à lever la vanne, en sorte que la caisse *flottante*, en montant et descendant, élevait ou abaissait la vanne, et donnait plus ou moins d'eau à la roue. Le levier du régulateur se liait aux robinets des deux tuyaux, de manière que, lorsque la machine allait suivant la vitesse qu'on désirait, les deux robinets étaient fermés ; mais, lorsque la roue à eau marchait trop lentement, les masses, entraînant leur volant D, ouvraient le robinet du tuyau d'alimentation de l'eau, qui, s'introduisant dans le puits par ce robinet, faisait monter la caisse *flottante*, et, par ce mouvement, celle-ci faisait lever la vanne et laissait passage à une plus grande quantité d'eau, jusqu'à ce que la roue, mue par elle, eût acquis une vitesse telle que, les masses commençant à remonter, le robinet se refermât. Au contraire, lorsque le moulin allait trop vite, les masses faisaient ouvrir le tuyau de décharge, et alors la caisse *flottante*, en descendant par la diminution des eaux du puits, fermait la vanne, jusqu'à ce que la vitesse fût ramenée à son véritable point.

Depuis cette première application du régulateur à la roue à eau, la manière d'en faire usage a considérablement varié; et comme ce mécanisme est applicable à toute espèce de moulin, nous allons en donner une courte description. A (fig. 74) est l'axe recevant le mouvement du moulin au moyen de rouages auxquels sont adaptés deux régulateurs *a b*, *a b*, construits comme ceux déjà décrits : à la partie inférieure de l'axe A est une roue R en fausse équerre qui en fait tourner deux autres B et C, situées sur un même axe, et imprime le mouvement aux crémaillères qui font monter et descendre la vanne; les roues B et C ne sont point fixées à l'axe D, mais elles glissent toutes deux légèrement dessus en tournant en sens contraire, suivant les mouvements qu'elles reçoivent des parties diamétralement opposées de la roue R; un manchon *d*, placé sur l'axe D entre ces deux roues B, C, peut servir, en la faisant mouvoir dans un sens ou dans l'autre, à faire aller l'une des roues, en laissant en même temps l'autre tout à fait inerte. Le manchon se meut à l'aide d'un levier indiqué dans la fig. 75. L'extrémité *m* étant armée d'une fourche qui entre dans une rainure pratiquée au manchon, le levier est fixé à un axe vertical *n*, lequel porte à l'extrémité supérieure deux autres leviers *o*, *p*, placés horizontalement de chaque côté de l'axe A, mais à des hauteurs inégales, comme on le peut voir d'après la figure. La *crapaudine e*, qui remonte lorsque le volant est en mouvement, est fixée sur une partie carrée de l'axe A, qui a la forme d'une vis. Cette crapaudine est destinée à agir sur l'un ou sur l'autre des leviers *o* ou *p*, selon la hauteur à laquelle elle parvient sur le pivot; en sorte que, lorsque le moulin marche d'une vitesse ordinaire, la crapaudine *e* s'élève à une hauteur qui est au-dessous du levier *o* et au-dessus de l'autre levier *p*, de manière à ne toucher ni l'un ni l'autre; conséquemment le manchon *d* se trouve détaché. Mais s'il survient la moindre variation dans la vitesse du moulin et de l'axe A, les masses s'écartent ou se rapprochent comme on l'a démontré plus haut, la *crapaudine e* monte ou descend, et rencontre un des leviers *o* ou *p*, qui, étant repoussé loin de l'axe, fait lever le levier *m* et le manchon *d* jusqu'à l'une des roues B ou C, qu'il serre contre l'axe D, et fait tourner dans le sens du mouvement de cette roue, ce qui élève ou rabaisse la vanne de la roue à eau, but que l'on se proposait. Il est évident que cet appareil peut s'appliquer à toute espèce de machine à moudre.

Dans les moulins à vent pour le blé, on se sert fréquemment de régulateurs ou volants. La force variable du premier moteur rend nécessaire cette sorte de régulateur, afin d'augmenter la résistance, en laissant passer une plus grande quantité de grain, lorsque le moulin va trop vite; ce qui corrige en quelque sorte l'irrégularité. Si le moulin va trop lentement, les masses tendent à diminuer l'alimentation en laissant au grain un passage plus étroit. L'ingénieur capitaine Hooper de Margate, inventeur du moulin à vent horizontal, est le premier qui ait fait cette application du régulateur. Il offre de très grands avantages, et tous les moulins à vent devraient en avoir un semblable. Quantité de moulins à vent sont pourvus de volants qui, au moyen d'un mécanisme fort ingénieux, diminuent ou augmentent la surface des voiles en proportion de la force du vent.

Il importe dans certains moulins de pouvoir apprécier les moindres variations de la vitesse, et d'en déterminer la quotité; car le régulateur ne fait que corriger les irrégularités sans indiquer leur progression. Lorsque l'on veut

s'en rendre compte, on le peut au moyen d'un instrument fort ingénieux inventé par M. Bryan Donkin. Cet instrument, qu'il a appelé *tachomètre*, a obtenu en 1810 une médaille d'or, qui lui a été décernée par la société des arts, des manufactures et du commerce.

La fig. 76 représente, vue de face, ce tachomètre, nom qui exprime parfaitement sa fonction, puisqu'il sert à indiquer le degré de vitesse des machines. La fig. 77 le montre en profil. X, Y, Z, fig. 76, est la coupe verticale d'un vase de bois dont la fig. 77 est l'élévation. Les parties blanches de la coupe dans la fig. 76 indiquent ce qui est plein, et les parties ombrées ce qui est creux. Ce vase est rempli de mercure jusqu'à la ligne LL, fig. 76. Dans ce mercure plonge le bout inférieur d'un tube de verre AB, qu'on a rempli d'esprit de vin coloré. Ses deux bouts étant ouverts, on conçoit qu'une partie du mercure contenu dans le vase s'introduit dans le tube par l'orifice inférieur, et soutient, en cet état de repos, une longue colonne de liqueur, ainsi qu'on peut le voir par la figure. Le fond du vase est fixé à une tige D au moyen d'une vis T, de sorte que la tige tournant, le vase, qui est un solide de révolution, tourne en même temps autour de son axe, lequel coïncide avec celui de la tige.

Le mercure, par cette rotation, acquiert une force centrifuge qui en chasse les particules avec d'autant plus de force qu'elles sont plus éloignées de l'axe, et que la vitesse angulaire est plus grande; il suit de là que le mercure, à cause de sa fluidité, montant de plus en plus en s'éloignant de l'axe, doit former un vide dans le milieu du vase, puisque l'élévation par les côtés et la dépression dans le milieu augmentent toujours en proportion de la vitesse de rotation. Or, le mercure qui est dans le tube, quoique ne tournant pas en même temps que le vase, ne peut pas se maintenir plus haut que le mercure qui l'enveloppe en dehors, ni même aussi haut, puisque la colonne d'esprit pèse sur lui; donc le mercure qui est dans le tube doit baisser, et l'esprit de vin en même temps; mais, comme la partie du tube qui est dans le vase est beaucoup plus large que la partie supérieure, la dépression de la liqueur sera beaucoup plus sensible que celle du mercure, dans la proportion précisément du carré du plus grand diamètre au carré du plus petit.

Supposons maintenant qu'au moyen d'une corde passée autour d'une petite poulie F et de la roue G ou H, ou disposée de toute autre manière, la tige D fasse corps avec la machine dont on veut connaître la vitesse. On doit avoir soin de faire cette jonction de manière à ce que la machine allant le plus vite possible, la vitesse angulaire imprimée au vase ne soit pas assez grande pour faire descendre la liqueur au-dessous de C dans la partie la plus large du tube. Il faut avoir aussi, comme dans la figure, une échelle appliquée sur AC, partie supérieure et droite du tube, et graduée en descendant à partir de zéro, qu'il faut mettre au point où la colonne de liqueur monte lorsque le vase est en repos.

Pour que l'instrument soit complet, on marquera sur l'échelle le point où la colonne de liquide descend quand la machine se meut avec une convenable vitesse; mais comme il y a souvent, et particulièrement dans les machines à vapeur, une variation dans la vitesse, il faut marquer les deux points entre lesquels vibre la colonne, pendant le mouvement le plus avantageux de la machine.

Il est à propos de faire remarquer ici que la hauteur de la colonne de liqueur doit varier suivant la température, toutes choses égales d'ailleurs ; il est donc nécessaire que l'échelle soit mobile, de sorte qu'en la faisant mouvoir de haut en bas, ou de bas en haut, on puisse amener le zéro au point où se termine la colonne lorsque le vase est en repos. Par ce moyen, l'instrument s'adaptera avec la plus grande facilité et beaucoup de précision à une température quelconque.

Nous venons de faire connaître la composition du tachomètre, ainsi que la manière de l'adapter à une machine. Il nous reste maintenant à entrer dans quelques détails particuliers.

La forme donnée au vase est celle qui exige une quantité de mercure moindre que celle qu'il aurait fallu en se servant d'un vase cylindrique ou hémisphérique. Dans tous les cas, il y a deux précautions bien nécessaires à observer : 1° c'est que, lorsque le vase tourne dans sa plus grande vitesse, le mercure du tube ne descende pas assez pour laisser échapper la liqueur par l'orifice inférieur du tube, et que le mercure, lorsqu'il est le plus éloigné de l'axe, ne soit pas rejeté hors du vase ; 2° que, lorsque le vase est en repos, le mercure monte assez haut dans le tube pour soutenir une colonne de liqueur d'une longueur convenable. Pour réduire au minimum la dose de mercure qui doit satisfaire à ces conditions, il faut d'abord que, si MM, fig. 76, est le niveau du mercure à l'axe, lorsque le vase tourne avec la plus grande vitesse, le dessus M M X Y du vase soit fait de manière à ce que le fluide en couvre à peine les bords. Secondement, pour faire monter au niveau L L la petite quantité de mercure capable de supporter une hauteur de liqueur convenable lorsque le vase est en repos, il faut que la cavité du vase soit en grande partie remplie par la pièce K K, forée cylindriquement au milieu pour le passage du tube, et que celle-ci soit disposée de manière qu'il y ait assez d'espace en dedans et autour pour laisser circuler librement le mercure le long du tube et sur les bords du vase.

La pièce K K est immuablement fixée avec la sébile ou vase X X Z par trois minces éclisses placées autour à égales distances ; et pour l'empêcher de s'élever ou de flotter sur le mercure, on fait passer deux ou trois petites goupilles de fer ou d'acier par-dessous le recouvrement, près de l'ouverture par laquelle passe le tube.

Il serait extrêmement difficile de donner rigoureusement au vase la capacité requise pour ne contenir que la quantité de mercure justement nécessaire ; mais on parviendra à une approximation suffisante, si la partie du vase au-dessus de M M est un conoïde parabolique, la parabole génératrice ayant son sommet au point de l'axe où le mercure descend lors de sa plus grande dépression, et les dimensions de la parabole étant déterminées comme il suit. Soit V G, fig. 78, l'axe du vase, et V le point de la plus grande dépression du mercure ; par un point quelconque G au-dessus de V, faites G H perpendiculaire à V G ; supposez  $n$  le nombre de tours que doit faire le vase en  $t'$  dans son mouvement le plus accéléré,  $v$  le nombre de centimètres que décrirait un corps uniformément en  $t'$  avec la vitesse acquise en tombant de l'état de repos, par une hauteur  $=$  à G V, et faites  $G H = \frac{v}{314n}$ . Alors la parabole à déterminer est celle qui aurait  $v$  pour sommet, V G pour axe, et G H pour ordonnée au point G. Le vase porte un couvercle pour empêcher le mercure



de s'échapper, ce qui arriverait certainement par un mouvement de rotation très ordinaire, à moins que ses bords ne fussent d'une hauteur incommode; mais le couvercle, en empêchant l'élévation du mercure par les côtés du vase, diminuera la dépression dans le milieu, et par suite celle de la liqueur du tube : c'est pour cette considération qu'on a ménagé un vide dans la pièce forée, immédiatement au-dessus du niveau L L, où le mercure se loge lorsque le vase est en repos; par ce moyen on ouvre un réceptacle au fluide, qui autrement troublerait la force centrifuge, et altérerait la sensibilité de l'instrument.

On remarquera que la partie inférieure du tube est recourbée. Par ce moyen, après avoir rempli le tube d'esprit de vin par aspiration, et tenant l'orifice supérieur bien bouché avec le doigt, on peut facilement le transporter, et le plonger dans le vif-argent sans craindre que la liqueur s'en échappe, ce qu'il serait fort difficile de prévenir autrement, le tube devant rester ouvert pour laisser un libre cours au fluide, qui est essentiellement nécessaire au jeu de l'instrument.

Voici le procédé à suivre pour mettre le tachomètre en mouvement, quand on veut observer la vitesse de la machine. La poulie F, qui tourne vite et sans interruption pendant le mouvement de la machine, est tout à fait isolée du vase tant que le levier QR est abandonné à lui-même; mais lorsque ce levier est levé, le cône creux T, qui tient à la poulie et tourne avec elle, l'est aussi; puis, embrassant un cône solide placé sur l'axe du vase, il communique la rotation par le frottement. L'observation étant achevée, en laissant tomber le levier de son propre poids, les deux cônes se trouvent dégagés, et le vase reste en repos.

Le levier QR tient par une barre verticale à un autre levier S, à l'extrémité S duquel est une soupape, qui, lorsque le levier QR se lève et que le tachomètre est en mouvement, s'ouvre de manière à introduire l'air extérieur sur la dépression de la liqueur; au contraire, lorsque le levier QR descend, et que le vase est en repos, la soupape au point S ferme le tube, et empêche l'évaporation de la liqueur.

Nous finirons par faire remarquer qu'on peut augmenter à l'infini la sensibilité et la portée de l'instrument; car, d'un côté, si on donne une plus grande proportion aux diamètres de l'orifice inférieur et supérieur du tube, on augmente de beaucoup la dimension de l'échelle correspondante à toutes les variations possibles de vitesse; d'un autre côté on creuse le vase de manière à recevoir, lorsqu'il est en repos, une hauteur de mercure plus considérable au-dessus du bout inférieur du tube; on prolonge la colonne de liqueur que peut supporter le mercure, et par conséquent on obtient toute la vitesse nécessaire pour précipiter la liqueur: d'où il faut conclure que le tachomètre est susceptible d'être appliqué dans des expériences très délicates, d'autant mieux qu'on peut y adapter une échelle indiquant une progression croissante des vitesses. Mais il ne s'agit ici que de démontrer comment il faut s'en servir pour découvrir, dans une machine quelconque, tous les écarts du mouvement qui lui est le plus avantageux.

## OBSERVATIONS GÉNÉRALES.

L'ingénieur, en disposant un moulin, doit avoir soin de placer les pièces

1.

3

les plus lourdes près de la puissance motrice, parce que le mouvement devant être senti à une assez grande distance de cette puissance, il faut avoir égard non seulement au poids des *arbres* (longs morceaux de bois ou de métal sur lesquels sont fixées les grandes roues), mais encore au frottement qui existe dans tous les différents supports, et qui s'augmente beaucoup par le moindre obstacle placé au-delà de ces *supports*.

On doit avoir aussi l'attention de multiplier les *supports* le moins possible, et cependant empêcher les arbres de vaciller. On pourrait établir des règles pour déterminer les distances entre les *supports* et l'arbre, si celui-ci devait se mouvoir seul : mais, devant porter des poulies de toutes grandeurs, il faut avant tout en calculer le poids et celui du mécanisme qu'elles font tourner. Nous dirons cependant qu'il vaut mieux multiplier les *supports* que de s'exposer à faire fléchir un arbre, ce qui pourrait occasionner un grand dérangement dans les assemblages.

En faisant des assemblages (nous voulons parler ici de l'opération qui consiste à lier deux arbres ou fuseaux longitudinalement), on doit apporter un grand soin à les faire avec précision, afin que l'arbre lié se meuve comme d'une seule pièce avec l'arbre qui reçoit l'impulsion du moteur. Cette opération doit être faite le plus simplement possible, pour que l'arbre lié puisse être délié sur-le-champ en cas d'accident ; car la perte du temps peut avoir les plus graves inconvénients pour les manufacturiers. On devrait placer les assemblages près des *supports*, parce que c'est là qu'il y a le moins de vacillement, et que l'arbre est le plus faible. Cette observation s'applique aussi à la disposition des roues et des poulies.

On a fait quelquefois des poulies en deux parties, mais elles ne sont pas généralement adoptées, parce qu'il est difficile de les fixer avec précision lorsque l'arbre est en place.

On devrait éviter de se servir de courroies ou lanières de cuir dans le jeu des machines, lorsqu'on peut y substituer des roues, par la raison que les lanières sont sujettes à s'étendre et à rompre, et qu'elles ne communiquent pas un mouvement uniforme. Il faut avoir soin de mettre la plus grande précision dans le montage des roues et des poulies sur un arbre, et pour cela enfoncer les coins dans le bois de la roue ou de la poulie également de chaque côté. Il arrive communément que, si un coin se trouve enfoncé trop avant, les ouvriers laissent subsister le mal pour ne pas se donner la peine d'y remédier ; cette faute est plus importante qu'on ne pense ; car si une roue n'est pas juste, elle ne peut pas s'engrener uniformément dans toute sa circonférence, et elle a ce qu'on appelle du jeu (mouvement d'une roue qui n'est pas ferme sur son axe) au point où elle est défectueuse ; et, cette secousse arrivant toujours au même endroit, les roues s'usent inégalement. Si c'est la poulie qui n'est pas juste, elle communique irrégulièrement le mouvement que lui imprime sa courroie, et cause aussi un tirage inégal sur l'arbre qu'elle fait mouvoir, au grand détriment de la machine.

On a fort à propos substitué les chaînes aux courroies dans les lourdes mécaniques.

Les arbres devraient être circulaires, parce que de cette manière ils sont moins sujets à des accidents, et ont en même temps une meilleure apparence. Les roues d'une mécanique devraient toujours être renfermées dans une cage

de bois pour que rien ne puisse tomber entre elles ; et, pour prévenir les accidents qui peuvent arriver aux ouvriers qui travaillent auprès, elles devraient être munies de brosses, fixées sur le plat de chaque roue, pour distribuer la graisse également et l'entretenir entre les dents. Lorsqu'on monte des roues neuves, on peut mettre un peu d'émeri avec la graisse pour en polir la surface.

Les observations suivantes sur la construction des machines et sur le réglage de leurs mouvements, nous ont paru dignes de l'attention du constructeur de moulins ; nous les avons extraites du savant article du docteur Robinson sur la *Mécanique*, inséré dans le supplément de l'*Encyclopédie britannique*.

Lorsqu'il s'agit de faire lever de lourds pilons, pour les laisser retomber sur la matière à piler, il faudrait donner aux excentriques une forme convenable pour que le pilon pût agir avec une pression, c'est-à-dire avec un mouvement uniforme ou à peu près : sans cela, si l'excentrique n'est qu'une cheville de fer adaptée à la surface de l'axe, le pilon se met en mouvement brusquement, ce qui occasionne de violentes secousses à la machine et de grands dérangements dans les parties mouvantes et leurs points de support ; au lieu que s'ils se lèvent graduellement, l'inégalité d'un mouvement déréglé ne se fait jamais sentir au point où la machine travaille. Nous avons vu des pistons se mouvoir au moyen d'un double râtelier fixé à la tige du piston. Une demi-roue accroche un des deux râteliers et l'élève à la hauteur convenable. En même temps qu'elle lâche le premier, elle accroche l'autre et force le piston à redescendre. On regarde ce changement comme un grand perfectionnement, mais il est bien inférieur au mouvement de l'excentrique en forme de dent. Il occasionne des mouvements si brusques et si inégaux, que la machine est ébranlée par les secousses, et qu'elle se brise si les parties ne cèdent pas, soit qu'elles plient, soit qu'elles s'écartent. Aussi avons-nous toujours remarqué que ce mouvement n'était pas de longue durée, et qu'il devenait bientôt plus doux. Un ingénieur éclairé saura corriger le mouvement de toutes ces secousses vicieuses, surtout dans la partie la plus pesante d'une machine lourde.

S'il s'agit de faire lever et retomber des pilons, des pistons ou d'autres moteurs réciproques, le bon sens dit qu'il faut distribuer leurs temps d'action d'une manière uniforme, en sorte que la machine soit toujours également chargée. Avec cette précaution, si on a d'ailleurs égard aux observations de l'alinéa précédent, on peut faire mouvoir la machine par un mouvement aussi doux que s'il n'y avait pas de *réciprocité*.

Il faut un grand discernement pour diriger la puissance motrice, lorsque de sa nature elle ne se prête pas à produire le mouvement nécessaire à l'effet qu'on se propose. Nous avons parlé de la manière de convertir la rotation continue d'un axe en mouvement *réciproque* d'un piston, et du perfectionnement qu'on croyait avoir introduit à la construction ordinaire et facile d'une excentrique en forme de dent, en substituant un double râtelier à la tige du piston, et nous avons enfin signalé les inconvénients des secousses qu'occasionnerait ce changement. Nous avons vu une grande forge où, pour éviter cet inconvénient, effet de la brusque impulsion donnée au grand marteau du poids de plus trois cents kilogrammes, résistant à un effort quintuple, l'ingénieur imagina de faire les excentriques en spirales, lesquelles faisaient jouer le marteau presque sans secousse ; mais il arriva que le marteau ne montait pas plus

haut qu'il ne s'était élevé en contact avec l'excentrique, et retombait presque sans force sur le fer. On ne put pas deviner la cause de cette impuissance, mais on remit, au lieu de spirales, des excentriques de forme ordinaire. La rapidité du mouvement du marteau est la chose essentielle dans cette opération. Il ne suffit pas de le faire lever, il faut qu'il soit lancé de manière à monter plus haut que par le moyen de l'excentrique, et à aller frapper avec force le puissant *ressort de chêne* qui se trouve au-dessus de lui. Il touche le ressort qui le renvoie avec une vitesse considérable battre le fer comme s'il était tombé d'une grande hauteur. S'il eût été possible qu'il s'élevât à cette grande hauteur, il est certain qu'il serait retombé sur le fer avec un peu plus de force (parce qu'il n'y a point de *ressort de chêne* parfaitement élastique); mais il aurait fallu au moins deux fois plus de temps.

En faisant usage d'une puissance qui est nécessairement *réciproque*, pour faire aller un mécanisme exigeant un mouvement continu (comme dans l'application de la machine à vapeur au moulin à coton et à blé), il se présente aussi de grandes difficultés. Pour obtenir cette condition du moteur premier, il faut perdre beaucoup de force, parce que l'instrument qui communique une force aussi énorme, doit être lui-même extrêmement fort et bien étayé. La force d'impulsion se perd en communiquant et en neutralisant ensuite un mouvement extraordinaire dans les charpentes. Un habile ingénieur, attentif à cet inconvénient, s'étudiera à procurer à ce premier moteur la force nécessaire, sans en faire une masse de matière inerte. Il remarquera aussi que tous les efforts qui pèsent sur lui et sur ses supports changent de direction à chaque coup. Il faut donc apporter une attention particulière dans la structure des supports. On a remarqué dans les machines à vapeur construites depuis longtemps, que toutes, sans exception, finissent par ébranler et démolir la *charpente*, mais il faut attribuer cela à l'ignorance ou à l'inattention de l'ingénieur. Celles que l'on fait aujourd'hui sont mieux faites et plus solides, parce que les plus ignorants ont appris par expérience qu'il n'y a point de construction capable de résister à des secousses irrégulières et contraires, et que les grands mouvements doivent être appuyés sur la charpente détachée de la maçonnerie qui la contient<sup>1</sup>.

L'ingénieur remarquera aussi que lorsqu'une machine à vapeur à simple effet sert à faire tourner un moulin, toutes les communications de mouvement changent deux fois de direction à chaque coup ascendant de piston; un côté des dents des roues intermédiaires pousse la machine en avant, mais au coup de retour, la machine qui est déjà en mouvement attire la charpente, et les roues engrènent sur l'autre côté des dents; ce qui occasionne un grand bruit à chaque changement, et exige que les dents soient faites des deux côtés avec le même soin.

On parviendra souvent à la perfection d'une machine, si l'on rend l'action du jeu de résistance variable suivant les irrégularités de la force motrice. Ce

<sup>1</sup> On ne devrait jamais appuyer les tourillons d'une roue de puits sur un mur de bâtiment: elle l'ébranle; si on la place sur une nouvelle construction, elle empêche le mortier de prendre et de se lier. Lorsque l'ingénieur est obligé d'établir les tourillons de cette manière, il devrait les faire porter par un morceau de chêne un peu creux; ce qui dans ce cas adoucirait les secousses, comme font les ressorts de voitures.

moyen donnera un mouvement plus uniforme aux machines où la force d'inertie est peu considérable ou nulle. On trouve quelques exemples de cette espèce d'arrangement dans le mécanisme des corps animaux.

On a l'habitude d'ajouter aux machines ce que l'on appelle un *volant* ; c'est un disque ou cercle pesant, ou toute autre masse de matière uniformément répartie autour d'un axe. On a recours à cet auxiliaire, lorsque l'on veut rendre le mouvement de l'ensemble plus régulier, malgré les irrégularités inévitables des forces accélératrices ou des résistances occasionnées par le jeu. Alors il devient un *régulateur*. Supposez la résistance extrêmement inégale et la puissance motrice parfaitement constante, comme lorsqu'une *roue à scau* est employée à une pompe : quand le piston a donné son *coup ascendant*, et pendant qu'il descend dans le cylindre, la puissance de la roue rencontrant à peine de la résistance, elle accélère le mouvement de toute la machine, et le piston arrive au fond du *cylindre* avec une vitesse incroyable. Mais en remontant, la roue se ralentit immédiatement par l'effet de la résistance de la colonne d'eau qui pèse sur le piston : lorsque le piston est arrivé au sommet du *cylindre*, le mouvement accéléré a cessé et va recommencer. Le mouvement d'une semblable machine est très inégal, mais la force accélératrice qui vient s'ajouter au commencement de la course descendante du piston ne pourra plus produire un semblable changement dans le mouvement de la machine si l'on y ajoute le volant, car la quantité totale d'action est une chose déterminée. Or, si le rayon du volant est grand, on aura cette force accélératrice en communiquant à la machine un petit mouvement angulaire.

La force du volant est comme le carré de son rayon ; c'est aussi dans cette proportion qu'elle résiste à l'accélération ; et, quoique le surplus de puissance engendre la même force de rotation qu'auparavant dans toute la machine, il ne donne cependant qu'une légère augmentation de vitesse. L'augmentation de rotation se trouvera réduite au quart si l'on double le diamètre du volant. Ainsi donc, en donnant un mouvement rapide à une petite quantité de matière, on évite la grande accélération pendant le retour du piston. Cette accélération continue néanmoins pendant tout le temps de la course descendante ; et lorsqu'elle cesse, la machine a acquis sa plus grande vitesse. Ici, la course ascendante commence, et l'excédant de la puissance est épuisé. Alors la machine n'accélère plus ; mais si la puissance est en équilibre avec la résistance, elle conserve la vitesse qu'elle avait, et reprend un mouvement plus accéléré à la seconde course descendante. Mais ensuite, au commencement de l'ascension suivante du piston, il y a excédant de résistance. Alors commence le ralentissement qui continue tout le temps que le piston met à monter, mais il est de peu d'importance en comparaison de ce qu'il aurait été sans le volant ; car le volant, conservant sa force acquise, entraîne le reste de la machine, aidant la puissance impulsive de la roue, ce qui s'opère par les communications qui entrent l'une dans l'autre en sens contraire. On entend les dents des roues intermédiaires quitter leur premier contact d'un côté, puis se mettre en contact de l'autre. En examinant attentivement cet enchaînement, on verra sans peine qu'en quelques coups l'excédant de puissance pendant le mouvement descendant du piston supplée si exactement à la perte de puissance pendant son ascension, que les accélérations et les retards se détruisent réciproquement, que tous les coups suivants se succèdent avec la même vitesse et en nombre

égal par minute. Ainsi donc la machine acquiert uniformité de mouvement avec des inégalités périodiques.

Il est évident qu'en augmentant suffisamment le diamètre ou le poids du volant, on peut, à volonté, diminuer l'irrégularité du mouvement. Mais ce qui convient le mieux, c'est d'augmenter le diamètre, car alors le frottement est moindre, et le pivot ne s'use pas autant. C'est donc ce qui fait que le volant est d'un grand avantage dans une machine, puisqu'il y régularise l'action de forces qui naturellement agissent très irrégulièrement. Ainsi un homme qui tourne un simple vindas exerce une pression très irrégulière sur la manivelle. Sa force varie selon ses positions ; dans l'une il exerce sans effort une force de trente kilogrammes, et dans l'autre à peine peut-il en exercer une de onze à douze. Dans tous les cas, il ne doit jamais avoir à vaincre une plus grande résistance que celle-ci. Mais qu'au vindas on adapte un volant, il pourra, sans effort ni perte de temps, vaincre une résistance de plus de treize kilogrammes.

Cette force régulatrice du volant est sans bornes ; elle rend uniforme le mouvement le plus irrégulier et le plus incertain. C'est ainsi que nous voyons agir avec la plus grande régularité des moulins qui marchent par la vapeur, et restent deux, quelquefois trois secondes, sans recevoir aucune nouvelle impulsion. La communication s'opère par le moyen d'un lourd volant, d'un grand diamètre, et qui tourne avec rapidité. L'impulsion vient-elle à cesser, le volant, emporté par son mouvement, ne laisse pas d'entraîner avec lui toute la machine qui continue de marcher, sans que pour ainsi dire sa vitesse se ralentisse. Dans ces intervalles, on entend toutes les pièces qui se trouvent entre le volant et le premier moteur dans la direction opposée.

Qu'il s'opère un changement dans la force impulsive ou dans la résistance, le volant ne s'oppose en aucune manière à ce que ce changement ait un plein et entier effet sur la machine ; on pourra même observer qu'il accélère ou ralentit avec uniformité, jusqu'à ce qu'il se soit établi un mouvement général qui corresponde avec cette nouvelle force ou résistance.

Plusieurs machines sont construites de manière à comporter des mouvements dont l'effet équivaut à celui du régulateur. Un moulin à farine, par exemple, ne saurait être mieux réglé que par sa meule même ; mais dans les *moulins anglais*, c'est fort à propos qu'on a imaginé d'ajouter un lourd volant ; car s'ils n'avaient été réglés que par leurs meules, à chaque changement de course du piston de la machine à vapeur, on aurait vu tout l'enchaînement des communications, à partir du *pivot*, qui est le premier moteur, jusqu'à la meule, qui est le dernier, s'effectuer en sens inverse. Quoique ce changement, considéré dans chacun des engrenages en particulier, soit de peu d'importance en lui-même, le tout cependant réuni produirait un embarras considérable : on y remédie au moyen d'un régulateur qui, placé près du *pivot*, fait constamment marcher la machine dans la même direction. Telles furent l'intelligence et l'habileté qui présidèrent à la combinaison et à l'exécution des mouvements de cette admirable machine, que pas le moindre bruit ne s'y faisait entendre, et qu'on ne ressentait pas la plus légère secousse dans tout le bâtiment.

Les fuseaux, les cardes et les hobines peuvent également être considérés comme une sorte de volant. Et, en effet, c'est une règle générale que toute

grande machine qui tourne tend à conserver son mouvement avec une sorte d'uniformité, et que leur grande force d'inertie devient aussi utile à cet égard qu'elle est nuisible lorsqu'il s'agit d'accélération ou de mouvement alternatif.

Il existe une autre sorte de volant régulateur : celui-ci se compose de deux ailes qu'on fait tourner rapidement jusqu'à ce que la résistance de l'air arrête la trop grande accélération ; mais il faut convenir qu'il est bien mauvais, en ce sens qu'il ne produit réellement son effet qu'aux dépens d'une partie des forces mouvantes. Très souvent il en absorbe une grande partie, plus quelquefois qu'on ne pense, et multiplie ainsi sans fruit les embarras du propriétaire ; ce moyen ne devrait donc jamais être introduit dans les machines destinées à faire marcher les manufactures.

Dans les cas d'ailleurs fort rares qui se présentent où on a besoin d'une vitesse déterminée, on emploie un régulateur différent. La machine est garnie à l'extrémité du moteur d'un pendule conique composé de deux lourdes masses suspendues par des verges qui se meuvent dans des charnières attachées au sommet de l'axe vertical. Il est bien reconnu que lorsque cet axe tourne avec une vitesse angulaire convenable à la longueur de ces pendules, le temps de chaque révolution est déterminé. Ainsi, que la longueur de chaque pendule soit d'un mètre, l'axe achèvera sa révolution en deux secondes. Voulons-nous essayer d'accélérer son mouvement, les masses s'éloigneront un peu de l'axe, mais l'axe n'en mettra pas moins de temps à achever sa révolution, et il ne nous serait possible d'augmenter sa vitesse qu'en augmentant considérablement la force motrice ; dans lequel cas le pendule s'écartera du centre jusqu'à ce que les verges soient dans une position horizontale, et alors toute addition de forces deviendra sensible par l'accélération de mouvement qu'elle occasionnera. Watt et Boulton ont fort adroitement fait l'application de cette invention à leurs machines à vapeur, lorsqu'elles doivent être employées à des manufactures où la résistance varie, et où le mouvement ne saurait s'accélérer ou se ralentir sans qu'il en résultât de graves inconvénients. Ils ont établi un moyen de communication entre le mouvement qui emporte les masses loin de l'axe (ce qui sur-le-champ indique une augmentation de force ou une diminution de résistance) et le robinet qui laisse passer la vapeur dans le cylindre. Les masses en s'écartant ferment en partie le robinet, et diminuent par conséquent l'abondance de la vapeur. La force motrice à l'instant se ralentit, les masses se rapprochent de l'axe, et le mouvement de rotation continue avec la même uniformité qu'auparavant, bien qu'il y ait eu grande augmentation ou grande réduction de forces.

Le volant ne s'emploie pas toujours comme régulateur du mouvement ; on l'emploie encore comme magasin de force. Supposons l'absence de toute résistance du *point de travail* d'une machine garnie d'un lourd volant qui se rattacherait immédiatement à ce point. Dès qu'on appliquera la moindre force au *point de travail* de cette machine, le mouvement s'y établira, et le volant commencera à tourner.

Exercez une pression continue et uniforme, le mouvement s'accéléra, jusqu'à ce qu'enfin il devienne extrêmement rapide ; or, que dans ce moment un corps quelconque apporte de la résistance au *point de travail*, il se trouvera soumis à l'action d'une force prodigieuse, car alors le volant a accumulé dans sa circonférence une quantité d'action considérable ; de même le corps qu'on

présenterait à cette circonférence en serait violemment frappé, et plus violemment encore si on l'exposait à l'action du *point de travail*, qui ne fait à peu près qu'un tour pendant que le volant en fait cent. Il exercera peut-être là cent fois plus de force qu'à sa circonférence. Tout le mouvement qui s'est accumulé sur le volant s'exerce en un instant au *point de travail* multiplié par la quantité d'action, qui dépend de la proportion des parties de la machine. C'est sur ce principe qu'agissent les presses à la Monnaie, et même que le forgeron forge sa barre de fer : il fait tourner son marteau sur sa tête, le ramène vigoureusement sur le fer, et y accumule tout le mouvement qu'il parvient ainsi à réunir. C'est aussi sur ce principe que nous enfonçons un clou, etc. Cette propriété qu'a le volant d'accumuler la force a fait croire à beaucoup de gens que réellement il ajoutait à la puissance d'une machine : et, ne sachant pas d'où dépend son effet, ils placent le volant dans une situation où il ne fait qu'ajouter un poids inutile à la mécanique. Dans tous les cas, il convient que le volant se meuve avec rapidité. N'en veut-on faire qu'un simple régulateur, il faut autant qu'il est possible le placer près du premier moteur ; et si on le destine à accumuler la force sur le *point de travail*, il importe encore qu'il n'en soit pas fort éloigné. Néanmoins, on peut dire que le volant ajoute à la force d'une machine, en ce sens qu'il accumule dans l'action d'un instant celle de plusieurs, et nous met quelquefois en état de vaincre un obstacle que, sans son secours, il nous eût été impossible de surmonter. C'est cette accumulation de force qui semble en ajouter une nouvelle au moteur primitif.

### DE LA FORCE ANIMALE.

Divers auteurs ont cherché à évaluer la force animale, et tous ont obtenu des résultats fort différents, ce qui ne doit pas nous surprendre, si nous considérons de combien de difficultés doit être environnée une entreprise aussi nouvelle que celle de ramener cette puissance à une valeur fixe. Chez l'homme, comme chez les animaux, les causes physiques doivent nécessairement avoir une grande influence sur l'exercice de leurs forces, quant à l'étendue et à la durée de cet exercice.

Le seul moyen de savoir à quoi s'en tenir à cet égard est, je crois, de comparer les unes aux autres les différentes expériences des savants qui se sont occupés de cette matière ; or, c'est ce qui déjà a été fait par le docteur Young dans le second volume de sa *Philosophie* : voici les tables que nous présentons aux lecteurs.

#### TABLES COMPARATIVES DES FORCES MÉCANIQUES.

Pour bien comparer les évaluations des forces des divers agents, il convient de prendre une unité qui puisse être considérée comme le terme moyen des résultats du travail d'un homme laborieux qui travaillerait avec le plus d'avantage possible et sans obstacle ; on trouvera pour terme moyen qu'il peut



élever 4<sup>k</sup>53 à 3<sup>m</sup>05 par seconde, pendant l'espace d'une journée de dix heures; ou 45<sup>k</sup>3, soit à 0<sup>m</sup>305 par seconde, soit à 10980<sup>m</sup> par jour; ou enfin 1630800<sup>k</sup> à 0<sup>m</sup>305 dans l'espace d'un jour. Nous pourrions dire que cette somme de forces représente le *travail d'une seconde* ou *l'unité de travail*, répété trente-six mille fois.

FORCE IMMÉDIATE DES HOMMES, SANS DÉDUCTION POUR LE FROTTEMENT.

	force.	conti- nuité.	jours.
Un homme, pesant 64 <sup>k</sup> 15, monta 20 <sup>m</sup> 14 par un escalier en 54", mais il fut complètement épuisé (АМОТОНС).....	2,8	34"	
Un scieur donna 200 traits de scie de 0 <sup>m</sup> 49 chacun, en 145", avec une force de 12 <sup>k</sup> 24. Il n'aurait pas pu continuer plus de 3 minutes (АМОТОНС).	0,6	145"	
Un homme peut lever 29 <sup>k</sup> 37 à 0 <sup>m</sup> 52 en 1", pendant 8 heures par jour (БЕРНОУИЛЛИ).....	0,69	8 h.	0,552
Un homme d'une force ordinaire peut tourner un vindas avec une force de 15 <sup>k</sup> 60, et avec une vitesse de 1 <sup>m</sup> 07 par 1", pendant 10 heures par jour (ДЕСАГУЛИЕРС).....	1,05	10 h.	1,05
Deux hommes travaillant à un vindas dont les manches sont à angles droits, peuvent élever 31 <sup>k</sup> 72 plus aisément qu'un seul n'en élèverait 15 <sup>k</sup> 60 (ДЕСАГУЛИЕРС).....	1,22		1,22
Un homme peut exercer une force de 18 <sup>k</sup> 12 pendant un jour entier, avec le secours d'un volant se mouvant avec une certaine vitesse, à raison de 1 <sup>m</sup> 20 à 1 <sup>m</sup> 50 par seconde (ДЕСАГУЛИЕРС, leq. 4). Mais, d'après une note de l'auteur, il ne paraît pas certain si la force est de 18 <sup>k</sup> 12 ou de 9 <sup>k</sup> 06.....	0,2		0,2
Un homme peut, à l'aide d'un volant se mouvant d'une certaine vitesse, exercer pendant un court espace de temps une force de 36 <sup>k</sup> 24 (ДЕСАГУЛИЕРС).....	0,3		0,3
Un homme montant des escaliers s'élève de 14 mètres en 1' (КОУЛОМБ).	1,182		
Un homme montant par des degrés pendant un jour élève 205 kilogrammes à la hauteur de 1 kilomètre (КОУЛОМБ).....			0,412
Avec une bêche, un homme fait 19/20 autant qu'en montant les escaliers (КОУЛОМБ).....			0,391
Avec une manivelle un homme fait 5/8 autant qu'à monter les escaliers (КОУЛОМБ).....			0,258
Un homme montant du bois élève ensemble avec son propre poids 109 kilogrammes à un kilomètre (КОУЛОМБ).....			0,219
Un homme pesant 75 <sup>k</sup> 42 peut par des escaliers monter 0 <sup>m</sup> 97 en 1" pendant 15" ou 20" (КОУЛОМБ).....	5,22	20"	
Pendant une demi-heure 48 <sup>k</sup> 95 peuvent être élevés de 0 <sup>m</sup> 32 en 1" (КОУЛОМБ).....	1,152	30'	
D'après la comparaison de M. Buchanan, la force nécessaire pour faire tourner une manivelle étant prise pour unité, la force sera pour pomper	0,61		
Pour sonner.....	1,36		
Pour ramer.....	1,43		
En admettant que la formule d'Euler, confirmée par Schulze, soit exacte; et supposant l'action d'un homme au maximum quand il fait 4 kilomètres à l'heure, nous aurons 12 kilomètres pour sa plus grande vitesse, 0,04 (12—v) <sup>2</sup> pour la force exercée avec toute autre vitesse, et 0,0160 (12—v) <sup>2</sup> pour l'action dans chaque cas: ainsi l'action est quand la vitesse est de 1610 mètres à l'heure.....	0,676		
quand elle est de 5220 mètres.....	0,964		
de 4850 mètres.....	0,972		
de 6440 mètres.....	0,784		
de 8050 mètres.....	0,5		

La force en état de repos devient 2  $\frac{1}{4}$  ou environ 32 kilogrammes; avec une vitesse de 3220 mètres, 16<sup>k</sup>31; de 4830 mètres, 10<sup>k</sup>87; et de 6440 mètres, 6<sup>k</sup>80.

Il est évident que dans les cas extrêmes cette formule devient défectueuse; mais pour des vitesses ordinaires elle donne des résultats assez approximatifs.

Coulomb regarde comme le maximum de l'effet, lorsqu'un homme, pesant 70 kilogrammes, porte en montant un fardeau de 53<sup>k</sup>; mais cette charge paraît excessive; il considère 145 kilogrammes comme le plus grand poids qu'on puisse lever. Il observe qu'à la Martinique, où le thermomètre est rarement au-dessous de 68°, le travail des Européens se réduit de moitié.

Harriot assure qu'avec sa pompe, dont le mouvement est horizontal, un homme peut faire un tiers plus d'ouvrage qu'avec la pompe ordinaire.

Les portefaix portent de 90 à 140 kilogrammes à raison de 4800 mètres par heure: et l'on dit qu'en Turquie il en existe qui, en se penchant en avant, portent de 300 à 400 kilogrammes sur la partie inférieure de leur dos.

Le poids le plus facile à porter horizontalement, pour un homme d'une force ordinaire, est 50<sup>k</sup>28; ou s'il revient à vide, 61<sup>k</sup>05. Un homme avec une brouette fera la moitié plus d'ouvrage qu'avec un oiseau (Coulomb).

#### OUVRAGES D'HOMMES AIDÉS DE MACHINES.

	force.	contin	journ.
Un homme avec une poulie et une corde éleva 12 <sup>k</sup> 24 à 71 <sup>m</sup> 47 en 145".	0,436	145"	
Un homme, travaillant à une bonne pompe ordinaire, peut élever 75 <sup>62</sup> d'eau de 4 <sup>m</sup> 53 par minute pendant un jour entier (DESAGULIERS)..			
Un homme peut, avec une bonne pompe, élever 75 <sup>62</sup> de 9 mètres environ par minute pendant l'espace de 1 ou 2 minutes .....	1,61	1'	
Robison rapporte qu'un faible vieillard éleva 19 <sup>75</sup> d'eau à 5 <sup>m</sup> 55 en 1', pendant 8 ou 10 heures par jour en allant et venant sur un levier (Enc. br.).	0,857	9 h.	0,755
Un jeune homme pesant 61 <sup>k</sup> 15 et portant 15 <sup>k</sup> 80, éleva 26 <sup>40</sup> à 5 <sup>m</sup> 55 pendant 10 heures par jour sans se fatiguer (ROBISON).....	1,106	10 h.	1,106
Avec la machine de Wyner un homme peut élever 75 <sup>62</sup> de 6 <sup>m</sup> 10 en 1' (Y).....	1,75	1'	

#### FORCE DES CHEVAUX.

Deux chevaux tirant une charrue sur un terrain ordinaire, exercèrent chacun une force de 67<sup>k</sup>95 (AMOTONS). Nous pouvons supposer qu'ils marcheront à raison d'un peu plus de 5220 mètres par heure pendant 8 heures.

Un cheval ne tire jamais avec autant d'avantage que lorsque la ligne de direction est de niveau avec son poitrail; et il peut tirer avec une force de 90<sup>k</sup>68 et faire 4 kilomètres à l'heure, pendant 8 heures du jour.

Avec une force de 108<sup>k</sup>82, seulement pendant 6 heures. Il est vrai qu'attelé à une voiture, où il n'y a que le frottement à vaincre, un cheval ordinaire tirera 45<sup>k</sup>54 (DESAGULIERS) .....

Le tirage de 4 chevaux fut de 56 myriagrammes chacun (REGNIER). Cela ne peut être que momentanément. En supposant une vitesse de 0<sup>m</sup>61 par seconde, l'action aurait été .....

Travaillant à une pompe, un cheval peut élever 189 hectolitres d'eau à 5<sup>m</sup>05 de hauteur en une heure (Rapport de SINIATOS).....

5,4	8 h.	4,32
7,55	8 h.	5,87
8,8	6 h.	5,28
15,88	1 h.	
5,64	1 h.	

En général, sur une montagne rapide, un cheval ne peut pas tirer plus de trois fois la charge d'un homme, c'est-à-dire, de 200 à 340 kilogrammes, mais un fort cheval peut tirer 900 kilogrammes sur une pente rapide, pourvu qu'elle ne soit pas longue. La pire application qu'on puisse faire de la force

du cheval est de l'employer à tirer en montant ; car, si la montagne est rapide, trois hommes en feront plus qu'un cheval, chacun d'eux montant plus vite avec une charge de 45 kilogrammes qu'un cheval qui en porterait 135. Cette différence provient de la disposition des parties du corps humain, qui sont mieux disposées pour monter que celles du cheval.

D'un autre côté, la force du cheval ne saurait être employée avec plus d'avantage que dans une direction horizontale, qui est celle où l'homme perd le plus. Ainsi un homme pesant 63 kilogrammes, et halant un bateau au moyen d'une corde qui lui passerait par dessus les épaules, ne tirera que 12<sup>k</sup>23, ou exercera un peu plus du septième de la force qu'exercerait un cheval à sa place.

La position la plus avantageuse au développement de la force de l'homme est celle qu'il occupe en ramant ; alors, non seulement il agit avec plus de vigueur pour vaincre la résistance, mais à mesure qu'il se penche en arrière, le poids de son corps l'aide en lui faisant l'office du levier (Desaguliers).

Le diamètre du cercle que parcourt un cheval travaillant dans un moulin devrait être au moins de 8 à 9 mètres (Desaguliers).

Des chevaux ont porté 294 à 317 kilogrammes pendant 11 à 13 kilomètres sans se reposer ; et cela journellement, comme étant leur tâche ordinaire. Un cheval de Stourbrige porta 558 kilogrammes à la distance de 12880 mètres (Desaguliers, Philosophie expérimentale, 1<sup>er</sup> vol.).

OUVRAGE DES MULETS.

	force.	contfn	Journ.
Cazanel dit que dans les Indes occidentales un mulet travaille 2 heures sur 18, avec une force d'environ 76 <sup>k</sup> 95, en avançant de 0 <sup>m</sup> 914 par seconde (Philosophie du docteur YONGE).....	4,5	2,40'	1,2

Le but de ces exemples est de démontrer les grands avantages qu'on peut retirer d'une sage application de la force des animaux, les effets de cette force se réduisant purement et simplement à ceux des puissances mécaniques. Décrire les différents emplois qu'on pourrait faire de la force animale comme premier moteur en ce genre, serait une tâche trop longue, et que ne comporte pas le plan que nous nous proposons de suivre dans cet ouvrage. Nous nous bornerons donc à dire que la machine la plus ordinaire à laquelle s'applique la force des animaux est le *manège*, où le cheval attelé produit un mouvement de rotation. Ce *manège* est formé d'un bras ou d'un levier horizontal qui vient s'adapter à un arbre vertical. Le levier ne doit pas avoir moins de 3<sup>m</sup>65, attendu que l'animal fatigue davantage en raison d'une légère courbe dont l'effet est une résistance inégale sur ses deux épaules. Il faut avoir soin aussi que la machine soit réglée, de manière que le cheval conserve constamment son pas ordinaire de 4 kilomètres à l'heure, étant chargé. Le brancard dans lequel le cheval est attelé ne doit point non plus être fixé dans le levier, mais s'y rattacher par une espèce de chaîne qui lui permette de prendre la position la plus avantageuse. Il faut enfin que le travail marche aussi régulièrement qu'il est possible.

Après nous être occupés d'indiquer les résultats moyens de la force hu-

maine, en tant qu'on n'en fait qu'une application régulière et uniforme, nous allons rapporter quelques tours de force, les uns réels, et les autres qui n'en ont que l'apparence, et ne sont dans le fait que des tours d'adresse et d'habileté que pourrait en quelque sorte exécuter tout homme qui connaîtrait assez bien la conformation de son corps pour tirer de ses forces le meilleur parti possible.

M. de la Hire, dans un *Examen de la force de l'homme* (voyez les Mémoires de l'Académie des sciences, 1699), dit qu'il existe des hommes dans les muscles desquels le principe vital abonde tellement, qu'ils exercent trois et quatre fois plus de force que d'autres; ce qui expliquerait cette force surprenante à l'aide de laquelle nous voyons des hommes d'une taille ordinaire, et dont l'extérieur annonce encore plus de faiblesse que de vigueur, porter et élever des fardeaux que deux ou trois hommes ordinaires pourraient à peine soutenir. Il y a quelques années, on a vu en Angleterre un homme qui portait une grosse enclume, et dont on racontait les choses les plus extraordinaires. J'en vis un à Venise qui n'était encore qu'un enfant; on n'aurait pas cru qu'avec tous les avantages possibles, il pût porter plus de 18 à 22 kilogrammes: cependant, monté sur une table, et au moyen d'une ceinture qui passait sous le ventre d'un âne et dont les extrémités venaient se rattacher sur les côtés de sa tête à ses cheveux, en très petite quantité, il l'enleva de terre, et le tint quelque temps suspendu. Toute cette grande force paraissait provenir *des muscles des épaules et de ceux des reins*: car d'abord il se baissait, puis, les mains appuyées sur ses genoux, il se relevait et enlevait ainsi l'animal. Il levait encore de la même manière d'autres fardeaux qui paraissaient plus pesants, en assurant qu'il le faisait avec plus de facilité par la raison que l'âne se débattait dès que ses pieds quittaient la terre.

Mais, dit le docteur Desaguliers, dans quelques notes qu'il a faites sur le mémoire de la Hire, ce qu'on attribue ici aux *muscles des reins* était réellement l'ouvrage des extenseurs des jambes; car le jeune homme en se courbant, les mains appuyées sur ses genoux, ne penchait point le corps en avant, ni ne raidissait le jarret: son corps, au contraire, était droit, et ses genoux pliés, de manière à ramener les deux cordes sur le même plan que la cheville du pied et la partie supérieure du fémur. De cette manière, la ligne de direction de l'homme et de la totalité du poids tombait sur la partie la plus forte de ses deux pieds, qui étaient les supports: redressant alors ses jambes, il se relevait, sans changer la ligne de direction. Que cette explication soit la vraie, c'est ce dont je suis persuadé, non seulement pour avoir observé ceux à qui j'ai vu répéter ce tour, mais pour en avoir aussi moi-même fait maintes et maintes fois l'expérience. Quant aux muscles des reins, ils sont incapables d'un pareil effort, étant plus de six fois plus faibles que les extenseurs des jambes: c'est ainsi du moins que je l'ai observé dans moi-même.

En 1716, ayant eu l'honneur d'être admis à faire plusieurs expériences devant Georges I, sa majesté voulut savoir si l'adresse et la ruse n'avaient pas quelque part à ces tours de force qui, six mois auparavant, avaient été exécutés par un homme dont la stature n'annonçait rien d'extraordinaire quant à la force. Je fis faire une espèce de *châssis* de bois où je me plaçai et sur lequel j'appuyai mes mains, et, à l'aide d'une ceinture et d'une chaîne, j'enlevai

un de ces cylindres de fer dont on se sert dans les jardins, et le soutins sans effort quand il fut en l'air. Quelques personnes qui se trouvaient présentes voulurent en faire l'expérience après moi, et levèrent le rouleau avec plus ou moins de facilité les unes que les autres. Ce rouleau, au dire du jardinier, pesait 860 kilogrammes. J'essayai ensuite de lever 136 kilogrammes avec mes mains, c'est-à-dire deux seaux portant chacun 68 kilogrammes de mercure. Je parvins en effet à les lever, mais il m'en coûta un effort si violent, que pendant trois ou quatre jours j'en ressentis une douleur dans le dos; ce qui prouve que dans la même personne les muscles des reins (car ce furent ceux qui agirent dans cette dernière expérience) sont plus de six fois plus faibles que les extenseurs des jambes, car je n'avais pas éprouvé la plus légère incommodité à lever le cylindre de fer.

Le docteur Desaguliers s'occupait d'imprimer le second volume de sa Philosophie, quand un homme d'une force extraordinaire vint se donner en spectacle à Londres : voici ce qu'il en dit :

Thomas Topham, natif de Londres, âgé d'environ 31 ans, taille de 1<sup>m</sup>77, ayant des muscles formés et fortement prononcés, apprit le métier de charpentier, et l'exerça jusqu'au moment où, il y a six à sept ans, il se mit à faire des tours de force ; mais il est étranger à tous les moyens qu'il pourrait mettre en œuvre pour rendre sa force plus surprenante. Il y a plus, c'est que souvent, tout en faisant ses tours, il en augmente la difficulté par le désavantage de sa position. C'est un homme qui essaie et exécute ce qu'il entend dire avoir été fait par des hommes vigoureux, sans cependant user des mêmes moyens.

Il y a environ six ans qu'il s'assit, les pieds appuyés contre deux pieux fichés en terre et sans prendre aucun avantage pour sa position, il résista à l'effort d'un cheval. Il en tira la conséquence que cette position était bonne. Mais quand, sans en changer, il voulut résister à l'effort de deux chevaux, il n'en put venir à bout. Les chevaux l'enlevèrent, son genou porta contre l'un des pieux, et le coup fut si violent que les ligaments de la rotule paraissent en avoir été rompus; du moins la force de cette jambe s'en est trouvée singulièrement diminuée.

Le docteur Desaguliers raconte ensuite les différents tours de force qu'il lui vit exécuter :

1<sup>o</sup> Par la simple force de ses doigts trempés dans la cendre, (pour qu'ils fussent moins glissants, il roula un fort plat d'étain.

2<sup>o</sup> Avec la force du doigt du milieu, il rompit sept ou huit courts morceaux d'un fort tuyau de pipe, dont les extrémités reposaient sur le premier et le troisième doigt.

3<sup>o</sup> Il mit sous sa jarretière une forte pipe, plia la jambe, et sans l'étendre, par la seule force des tendons du jarret, il la mit en pièces.

4<sup>o</sup> Il brisa encore une pipe, en la pressant latéralement entre le premier et le second doigt.

5<sup>o</sup> Il leva, avec ses dents, une table de 1<sup>m</sup>83 de long, chargée à son extrémité d'un poids de 22<sup>k</sup>65, et la tint pendant un temps considérable dans une position horizontale. Il est vrai que les pieds de la table portaient sur ses genoux; mais comme elle était beaucoup plus longue que haute, le tour exigeait, outre de bonnes dents, une force considérable dans les muscles des reins, du cou et de la mâchoire.

6° Il prit un fourgon de fer de 0<sup>m</sup>914 de long sur 0<sup>m</sup>076 de circonférence, en arma sa main droite, et frappa sur son bras gauche nu, entre le poignet et le coude, jusqu'à ce que le fourgon se courbât de manière à former presque un angle droit.

7° Saisissant ensuite un autre fourgon par ses deux extrémités, le milieu reposant derrière son cou, il fit rejoindre ses deux extrémités devant lui; mais ce qu'il y a de plus surprenant, c'est qu'en ramenant ses bras en arrière, il redressa le fourgon; effet d'autant plus extraordinaire, que les muscles qui opèrent horizontalement la séparation des bras ne sont pas aussi forts que ceux qui les réunissent.

8° Il rompit une corde d'environ 0<sup>m</sup>05 de circonférence, qui était en partie roulée sur un cylindre de 0<sup>m</sup>10 de diamètre, après avoir attaché l'autre extrémité à des courroies qui lui passaient sur les épaules. Ce tour exigeait de lui plus de développement de force qu'aucun autre, à raison de la maladresse avec laquelle il s'y prenait, car la corde prêtait et s'étendait lorsqu'il la plaçait sur le cylindre; de sorte que, lorsque les extenseurs des jambes et des cuisses avaient fait leurs fonctions, c'est-à-dire, les avaient redressés, il était obligé de lever les talons et de faire agir d'autres muscles beaucoup plus faibles. Mais si la corde eût été fixée de manière à s'allonger moins, elle eût été rompue avec quatre fois moins de difficulté.

9° Enfin je lui ai vu enlever, avec ses mains seulement, de dessus une espèce de châssis sur lequel il s'était placé, un cylindre d'environ 360 kilogrammes, en le prenant par une chaîne qui s'y rattachait, ce qui me le fait regarder comme étant une fois plus fort que ceux qui passent pour l'être le plus; car ceux-ci en général ne lèvent guère, de cette manière, que 180 kilogrammes. L'homme le plus faible, se portant bien, s'il n'est pas trop chargé d'embonpoint, exercera la moitié environ de la force du plus fort, et lèvera 57 kilo.

*N. B.* Ce que nous venons de dire se rapporte principalement aux muscles des reins, parce qu'en agissant ainsi, il faut se pencher en avant; nous devons ajouter aussi le poids du corps au poids enlevé, de sorte que si le corps de l'homme le plus faible pèse 68 kilogrammes, il faudra dire (ce poids étant ajouté à celui de 57 kilogrammes) qu'il en lève 125; et ensuite, si l'homme le plus fort pèse 68 kilogrammes aussi (ce poids ajouté à celui de 180 kilogrammes qu'il enlève), nous dirons qu'il lève 248 kilogrammes. Topham pèse environ 90 kilogrammes, ajoutons-les aux 360 kilogrammes qu'il lève, et nous aurons 450 kilogrammes. Mais pour être une fois aussi fort qu'un homme de 68 kilogrammes qui en lève 180, il faudrait qu'il en levât 406 en sus du poids de son corps.

Il y a environ trente ans, un nommé *Joyce*, natif de Kent, se rendit tellement célèbre par les tours de force extraordinaires qu'il fit à Londres et dans la province, qu'on lui donna le surnom de *second Samson*. Toute sa force cependant dépendait de l'adresse avec laquelle il savait prendre sa position, car il ne faisait en général rien qu'un homme d'une force ordinaire ne fût en état d'exécuter après lui. Néanmoins, personne n'eut le courage de l'imiter: on n'osa pas, comme lui, résister à l'effort des chevaux et lever des masses énormes, et cette défiance était le résultat de la force avec laquelle il serrait ceux qui voulaient éprouver la vigueur de son poignet. Nul n'y pouvait résister: il fallait qu'on s'avouât vaincu.

Quelques années après, lorsqu'il eut quitté l'Angleterre, des hommes d'une force ordinaire, ayant découvert le secret de son adresse, se firent ses successeurs. En général, ils restèrent tous au-dessous de *Joyce*, mais ils firent cependant assez bien leurs affaires et celle du public, pour que d'année en année il reparût un nouveau *second Samson*.

Il y a environ quinze ans, on voyait aux *Blue-Posts*, dans Haymarket, un Allemand d'une taille moyenne, dont la force n'avait rien d'extraordinaire, et qui cependant, à l'aide des moyens dont j'ai parlé plus haut, se faisait passer pour un Hercule et attirait journellement la foule. Il me suffit de le voir une fois pour deviner ses manœuvres. Je voulus néanmoins me satisfaire complètement; à cet effet, je retournai donc le voir accompagné de quatre personnes, et entre autres d'un ouvrier mécanicien qui avait coutume de m'aider dans mes expériences. Nous nous placâmes autour de lui, de manière à bien saisir ses mouvements; or ses tours nous parurent si faciles, que le soir même nous les exécutâmes pour la plupart, et par la suite j'exécutai moi-même les autres, dès que je fus pourvu des instruments nécessaires. J'en ai fait quelques-uns devant la Société royale, et depuis lors j'ai pris pour habitude, dans mes cours, d'expliquer les moyens de ces différents exercices, en faisant faire à une personne d'une force ordinaire, sans danger ni effort, à l'aide seulement de l'appareil convenable, tout ce que faisait l'Allemand dont je viens de parler.

Pour rendre ces explications plus claires, j'ai, dans la fig. 79, esquissé la partie inférieure d'un squelette, où sont représentés tous les os du corps qui concourent à ces opérations. J'ai fait le dessin en grand, pour qu'on vît mieux où doit s'appliquer la ceinture.

Les os I, S, A, P, H, L, dont se compose la cavité qu'on appelle le bassin, contiennent un cercle osseux ou une double voûte dont la force est telle, qu'il faudrait une pression extérieure très forte pour que, dirigée vers le centre de ce cercle ou le milieu du bassin, elle les rompit. Il faut observer en outre que les parties de cette circonférence osseuse dans lesquelles viennent s'emboîter les os de la cuisse au-dessus et au-dessous de A sont les plus forts; de sorte qu'une force considérable peut s'exercer sur les os de la cuisse, ou, ce qui est la même chose, du bassin sur ces os, ou de l'un contre l'autre latéralement, sans que la carcasse en souffre aucunement.

Que maintenant nous placions la ceinture autour du corps de la manière indiquée dans la fig., et que nous la fassions tirer en G par un grand poids W, elle portera derrière sur l'os S et H; puis, par suite de la pression sur TT, elle ne fera que ramener plus promptement les os dans leurs orbites, et par là les rendra moins sujets à glisser par en haut, et à détendre le ligament. Ainsi la partie T E S C T de la ceinture porte sur la voûte osseuse indiquée par les mêmes lettres, laquelle, selon la nature de la voûte, devient plus forte par cette pression-là même. Les parois latérales de la voûte ne peuvent ni se rapprocher, à cause de la résistance des os APA, ni s'échapper en dehors, puisqu'ils sont retenus par la ceinture; alors les cuisses et les jambes TDB deviennent de très fortes colonnes, capables de porter au moins 2,000 kilogrammes et plus, dans la position verticale. Les muscles ne sont soumis à aucune autre fatigue que celle de se maintenir réciproquement en équilibre, c'est-à-dire que les muscles extenseurs et fléchisseurs n'ont qu'à contenir les

os à leur place, de manière à opposer la même résistance que s'ils n'en formaient qu'un seul.

Ceci explique la facilité avec laquelle l'homme, fig. 80, soutient le poids d'un canon de 9 à 1200 kilogrammes, comme aussi la résistance de celui, fig. 81, à qui cinq, dix hommes mêmes, ou deux chevaux, ne peuvent faire perdre sa position tant qu'il tient ses cuisses et ses jambes dans le plan horizontal de la fig. PF, ou d'une ligne qui inclinerait vers A. Car alors, bien qu'il y ait une différence entre la position de l'homme assis et de l'homme debout, cependant, en raison de la mobilité des os dans leurs orbites, la voûte est toujours la même et aussi forte que précédemment, ses parties butantes étant également supportées par les jambes et les cuisses.

Pour rompre une corde, il faut que l'action des muscles tende à redresser les jambes; pour rendre cette vérité plus sensible, nous allons considérer l'homme dans cette action, fig. 82. Supposons une corde attachée à un poteau P, ou à tout autre point fixe, revenant, par un œil de fer L, reprendre le crochet de la ceinture H de l'homme HI, dont les genoux sont courbés de manière à laisser environ 2 à 3 centimètres d'intervalle entre eux et la ligne qui partirait du haut du fémur, pour venir verticalement tomber sur la cheville. Que tout à coup l'homme tende le jarret, il rompra facilement la même corde qui a résisté à l'effort de deux chevaux, et une corde comme celle dont on se sert pour les charrettes, de 18 millimètres environ de diamètre. Or c'est ce que peut faire un homme de force moyenne, par le jeu de ces muscles qui opèrent la tension de la jambe, chaque jambe en ayant cinq.

A l'égard de la rupture de la corde, il est une chose à observer, qui la peut rendre plus facile : c'est de placer l'œil de fer L, par où passe la corde, dans une position telle qu'un plan passant par son anneau fût parallèle, ou à peu près, aux deux parties de la corde, parce qu'alors la corde s'y trouvant en quelque sorte assujettie, la force entière de l'action de l'homme s'exercera sur cette partie qui est dans l'œil; ce qui la fera rompre plus facilement que si l'action se divisait sur une plus grande étendue. Ainsi l'on peut dire que l'œil, bien que rond et uni, coupe en quelque façon la corde. C'est de cette manière que, sans se faire mal aux mains, on peut rompre un fouet, une petite corde même, en plaçant le fouet autour de la main gauche, de telle façon qu'à la première secousse toute la force agisse au même point. Voy. la fig. 83, où la corde qui doit être rompue au point L dans la main gauche, est marquée selon sa direction par les lettres R T S L M N O P Q; se repliant une fois autour de la main droite, elle passe sous le pouce dans le milieu de la main gauche; là, croisant sous une autre partie, elle revient de nouveau sous le pouce en M, d'où, faisant par derrière le tour de la main, en N, puis au travers de la gauche L en O, elle tourne trois fois autour du petit doigt P et Q, pour que la gauche ne s'échappe pas. Avant de tirer, il faut avoir soin de fermer la main gauche, laissant toutefois le pouce libre, de peur que portant sur l'index, il n'empêchât la portion de corde TL de communiquer entièrement la force au point L; mais il faut que le petit doigt et l'annulaire restent serrés, pour maintenir la ganse NO dans sa place.

Il serait souvent curieux de faire l'application de la force d'un ou de plusieurs hommes agissant comme nous venons de le dire avec la ceinture; ainsi, par exemple, quand la résistance est fort grande, on n'a qu'à éloigner



un peu les corps qui l'opposent. Lorsque nous voulons élever de lourds fardeaux à de petites hauteurs, c'est d'écarter tout ce qui est dessous ; si nous voulons tirer un verrou, et qu'avec un levier de fer nous ne puissions en venir à bout, nous n'avons qu'à appliquer le crochet de la ceinture à l'extrémité du levier, et alors nous exercerons une force dix fois plus grande que celle que nous ferions avec les mains.

La ceinture peut être d'une grande utilité à bord des navires, dans une foule d'occasions : je n'en citerai qu'une. Soit FG, fig. 84, la corde servant à lever et baisser le perroquet de fougue, dont nous voyons une partie représentée par  $m^1, m^2$ ; la poulie G est fixée au bas ; et à mesure que la poulie F descend, elle entraîne avec elle la guinderesse FBC,  $m^1$ , glissant sur la poulie B, fixée en A et autour de la poulie C, dans le pied du mât de perroquet, de manière à enlever la partie inférieure  $m^1$  du perroquet de fougue, qui, quand il est hissé à la hauteur convenable, est assujéti par la cheville transversale ; alors, son propre poids et le trou D du chouquet le maintiendront en place. Nous supposerons que la force nécessaire pour élever le mât soit celle de six hommes tirant de dessus le pont à la chute de la corde, c'est-à-dire à la corde courante FGK en K de l'autre côté du grand mât LI. Or, pour baisser ce mât avec la promptitude que quelquefois le mauvais temps exige, il est nécessaire qu'on puisse faire usage de la corde et de sa force pour le soulever un tant soit peu, afin de donner à l'homme la facilité de retirer la cheville I, avant que le mât descende en N, sur le côté du grand mât. Je dis que si l'on ne peut mettre qu'un homme à la corde K, et que cet homme ait une ceinture, ou qu'il s'en fasse une d'une boucle à l'extrémité de la corde, il n'a qu'à l'adapter à la partie inférieure de son dos, et dans cette position il exercera plus de force dans la direction GK, que six hommes qui tireraient à la manière ordinaire ; et si, assis par terre, et les pieds portant contre un point d'appui, tel que OP, il tire à lui seulement 5 centimètres de la corde GK, il élèvera le perroquet de fougue de 8 millimètres, ce qui suffira pour permettre de tirer la cheville I. (DESAGULIERS, *Philosoph.*, I<sup>er</sup> vol.)

## DES MOULINS A EAU.

*Moulin à eau* est l'expression dont en général on se sert pour désigner tous les moulins qui ont l'eau pour moteur. Comme nous nous proposons de consacrer un chapitre à chacun d'eux en particulier, nous nous attacherons, dans celui-ci, à décrire dans les plus grands détails les roues à eau, par l'axe desquelles le mouvement qu'elles reçoivent se communique à toute machine, soit simple, soit composée.

Mais outre le sens général qu'on attache au mot moulin à eau en tant qu'on l'appliquera aux différentes branches de manufacture, nous avons une autre division beaucoup plus simple, à laquelle a donné lieu la construction particulière des roues, savoir : la roue en dessous, la roue en dessus, et la roue de côté. Il en est aussi un autre, appelé moulin à roues horizontales ; mais comme cette classe est très désavantageuse sous le rapport de l'utilité

pratique, nous nous dispenserons d'en faire la description. La roue en dessous ne sert que pour les courants d'eau, et s'appelle ainsi parce qu'elle est mise en mouvement par l'eau courante qui frappe les palettes à la partie inférieure de la circonférence de la roue. Dans la roue en dessus, l'eau arrive par le haut et elle tombe dans des augets disposés tout autour de la roue pour la recevoir ; enfin dans la roue de côté, l'eau arrive au niveau de l'axe de la roue et tombe à angles droits avec les palettes ou augets fixés dans la circonférence de la roue.

## ROUES EN DESSOUS.

M. John Smeaton a fait, sur les différentes espèces de roues à eau, une foule d'expériences dont les résultats ont été soumis à la société royale. Le temps qui s'est écoulé, depuis qu'elles ont été communiquées au public, a suffi pour les vérifier, et le cas que les savants et les mécaniciens en font encore aujourd'hui, est un témoignage bien favorable de leur mérite et de leur importance.

M. Smeaton entre en matière par une description détaillée des machines et des modèles dont il s'est servi dans ses expériences, et ajoute, par voie d'observation, que ce qu'il a communiqué à ce sujet était le fruit d'expériences qu'il regarde comme le meilleur moyen d'obtenir des résultats dans les recherches mécaniques. « Mais dans ce cas-là, dit-il, il faut bien distinguer en quoi le modèle diffère de la machine en grand ; autrement un modèle servirait plutôt à nous écarter de la vérité qu'à nous la faire trouver ; en effet, quelque circonspection qu'on y apporte, on ne peut être bien sûr de l'effet des machines qu'après avoir fait avec elles des épreuves d'après leur véritable dimension. C'est pour cette raison que, quoique les modèles et les expériences en question aient été faits en 1752 et 1753, j'ai différé de les présenter à la société jusqu'à ce que j'aie trouvé l'occasion de mettre en pratique leur utilité dans divers cas et pour divers objets, de manière à pouvoir garantir qu'elles étaient infailibles. »

M. Smeaton fait remarquer ensuite que le mot *puissance*, dans son acception en mécanique, signifie l'emploi d'une force, soit de la gravitation, de l'impulsion, ou de la pression, pour produire le mouvement, et la combinaison de cette force avec le mouvement pour produire un effet ; et qu'il n'y a pas d'autre effet mécanique, à proprement parler, que celui qui nécessite, pour le produire, l'emploi de cette espèce de puissance.

Après avoir décrit les modèles et les machines dont il s'est servi pour ses expériences, il observe à l'égard de la *puissance*, que sa véritable mesure est dans le poids qu'elle soulève à une hauteur quelconque dans un temps donné ; ce qui veut dire, en d'autres termes, que si on multiplie le poids par la hauteur à laquelle il peut s'élever dans un temps donné, le produit donnera la mesure de la force ou puissance ; d'où il suit que les puissances qui donnent des produits égaux sont égales : car si une puissance peut faire monter un poids double à la même hauteur dans le même temps qu'une autre puissance, ou, ce qui est la même chose, le même poids à une hauteur double, la pré-

mière puissance sera double de la seconde ; mais si une puissance ne peut, dans le même temps qu'une autre puissance, faire monter que la moitié du poids à une hauteur double, ou le double du poids à la moitié de la hauteur, alors ces deux puissances sont égales. Ceci ne doit s'entendre cependant que dans le cas d'un mouvement lent et régulier, où il n'y a ni accélération ni ralentissement.

Pour comparer les effets de la roue à eau avec les forces qui les produisent, c'est-à-dire pour savoir quelle portion de la force première se perd nécessairement dans l'application, il faut savoir préalablement quelle est la portion de force employée à vaincre le frottement et la résistance de l'air ; il faut savoir aussi quelle est la véritable vitesse de l'eau au moment où elle tombe et agit sur la roue, ainsi que la véritable quantité d'eau dépensée dans un temps donné.

L'hydrostatique vient ici à notre secours pour nous donner les moyens de calculer, d'après la vitesse de l'eau au moment où elle frappe la roue, la hauteur de la chute qui produirait cette vitesse : ainsi, en multipliant la quantité ou le poids de l'eau dépensée dans un temps donné par la chute trouvée (qui n'est autre chose que la hauteur dont l'eau devra descendre pour acquérir la vitesse observée), on aura un certain produit égal à la puissance première de l'eau.

Mais, si on multiplie la somme des poids soulevés par l'action de cette eau, et du poids nécessaire pour vaincre le frottement et la résistance de la machine, par la hauteur à laquelle le poids peut s'élever dans un temps donné, le produit de ces deux nombres sera égal à l'effet de cette puissance, et le rapport des deux produits sera le rapport de la puissance à l'effet ; de sorte qu'en chargeant la roue successivement de poids différents, et en tenant compte de leurs élévations respectives, on sera à même de déterminer avec quelle charge et à quel degré de vitesse la roue produit son plus grand effet.

Les expériences faites par M. Smeaton donnent le résultat suivant : la circonférence d'une roue étant de  $1^m90$ , si elle fait par minute 86 tours, elle donne, pour la vitesse de l'eau,  $163^m40$ , dont un  $60^m$  sera la vitesse par seconde, égale à  $2^m723$  correspondant à une charge de  $0^m38$  qu'on appelle charge virtuelle ou effective. La hauteur totale de l'eau, dans le réservoir qui fournissait l'eau à la roue dans les expériences de M. Smeaton, était de  $0^m534$  au-dessus du seuil de la vanne ; au fur et à mesure qu'il se vidait, il était rempli par une pompe alimentaire et l'on pouvait considérer l'eau comme tombant d'une hauteur de  $0^m38$ . La quantité d'eau fournie étant de 120 litres ou kilogrammes par minute, le produit de 120 par  $0^m38$ , c'est-à-dire 45,60, exprimera la puissance de l'eau au degré nécessaire pour produire des effets mécaniques. Exemple :

Le *maximum* de vitesse de la roue était de 30 tours par minute : elle avait à soulever un poids porté sur un plateau et auquel le mouvement d'ascension était communiqué par une corde passant sur une poulie et venant s'enrouler sur un tambour concentrique à la roue. Ce tambour faisait donc également 30 révolutions par minute, et comme sa circonférence avait  $0^m2286$ , la corde s'enroulait de  $6^m858$  par minute. Mais comme le plateau était suspendu par une poulie à double corde, le poids n'était levé qu'à la moitié de cette quantité, c'est-à-dire à  $3^m429$ .

	kilogrammes.
Poids dans le plateau . . . . .	5,6372
Poids du plateau et de la poulie . . . . .	0,2834
Contre-poids, plateau et poulie . . . . .	0,3601
Total de la résistance . . . . .	4,2707

Si  $4^k2707$  montent à  $3^m429$ , ces deux nombres étant multipliés l'un par l'autre, leur produit 14,544 exprimera l'effet produit au maximum ; le rapport de la *puissance* à l'*effet* est donc comme 45,60 : 14,544, ou comme 10 : 3,18.

Mais quoique cet effet *simple* soit le plus grand résultat de la puissance par l'impulsion de l'eau sur une roue mue en-dessous, comme toute la puissance de l'eau n'est pas épuisée par la roue, ce rapport ne sera pas le rapport vrai de la *puissance* de l'eau avec la *somme* de tous les *effets* dont elle est cause ; car l'eau devant nécessairement abandonner la roue avec une vitesse égale à sa circonférence, il est évident qu'il doit encore rester quelque chose de la puissance de l'eau après qu'elle a dépassé la roue.

La vitesse de la roue, à son maximum, est de 30 tours par minute ; le mouvement à la circonférence est donc de  $0^m918$  par seconde, correspondant à une *charge* de  $0^m0402$ . Ce nombre étant multiplié par le volume d'eau écoulé par minute, c'est-à-dire par 120 kilogrammes, donne 482 pour la puissance qui reste à l'eau après qu'elle a passé dans la roue ; si donc on retranche cette quantité de la force première 3,670, il restera 3,488, qui est précisément la partie de puissance qui a agi pour produire l'effet 1266 ; conséquemment la partie de la puissance, cause de l'effet, est au plus grand effet comme 3488 : 1266 :: 10 : 3, 62, ou comme 11 est à 4.

La *vitesse de l'eau* qui frappe la roue est égale à 86 tours de la roue par minute, et la *vitesse de la roue* au maximum est égale à 30 ; la vitesse de l'eau sera donc à celle de la roue comme 86 est à 30, ou comme 10 est à 3,5, ou comme 20 est à 7.

On a démontré que le *maximum de la charge* était de  $4^k25$  et qu'à  $5^k61$  la roue cessait son mouvement et s'arrêtait : si on y ajoute le poids du plateau, c'est-à-dire 283 grammes, le rapport de la plus grande charge avec celle qui fait arrêter la roue est à peu près comme 3 est à 4.

Il est à remarquer que quoique la vitesse de la roue excède le  $\frac{1}{3}$  de la vitesse de l'eau, cependant l'impulsion de l'eau dans sa plus grande puissance est plus du double de celle que lui assigne la théorie, c'est-à-dire, qu'au lieu d'être les  $\frac{4}{9}$  de la colonne, elle est à peu près égale à toute la colonne.

On devra se rappeler que dans cet exemple, la roue n'était pas placée en pleine rivière, où le courant naturel, après avoir communiqué son impulsion à l'aube, s'échappe de tous côtés, ainsi que le suppose la théorie ; mais dans un conduit qui enveloppe l'aube, l'eau ne peut s'échapper autrement qu'en suivant le mouvement de la roue. Aussi remarque-t-on qu'une roue qui se meut de cette manière reçoit une secousse subite dès que l'eau rencontre l'aube, et celle-ci rejaillit de la même manière qu'une vague contre un objet immobile.

M. Smeaton donne après cela des tables de vitesse des roues avec différentes hauteurs d'eau, et en tire les conclusions ou principes suivants :

PREMIER PRINCIPLE. La *charge d'eau virtuelle* ou effective, et par consé-

quent la vitesse d'écoulement, étant la même, l'effet mécanique produit par une roue mue par cette eau sera sensiblement proportionnel à la quantité d'eau dépensée.

*Remarque.* La charge virtuelle ou effective de toute eau qui se meut avec une certaine rapidité est la hauteur de laquelle doit tomber un corps grave pour acquérir la même vitesse.

Il est donc facile, d'après la vitesse de l'eau, de déterminer sa hauteur, c'est-à-dire la charge virtuelle; car les hauteurs sont comme le carré des vitesses, et les vitesses comme les racines carrées des hauteurs. M. Smeaton a observé dans toutes ses expériences la vitesse du cours d'eau: il prouve que la charge virtuelle n'est point en proportion avec la chute vraie ou profondeur de l'eau; mais lorsque l'ouverture est plus grande, ou que la vitesse de l'eau qui s'en échappe est moindre, elles sont plus près de la coïncidence; ainsi dans les grandes ouvertures de moulins ou d'écluses, qui, d'une hauteur raisonnable, déchargent de grandes quantités d'eau, la charge réelle de l'eau, et la charge virtuelle, déterminée par la théorie d'après la vitesse, seront à peu près la même.

*Exemple.* Supposez un moulin mù par une chute d'eau dont la charge virtuelle soit de 1<sup>m</sup>52, donnant 156 hectol. d'eau par minute, et qui soit capable de moudre 1<sup>h</sup>45 de blé dans une heure. Un autre moulin ayant la même charge virtuelle, mais qui débite 312 hectolitres d'eau par minute, moudra 2<sup>h</sup>90 de blé par heure.

DEUXIÈME PRINCIPE. La consommation d'eau étant la même, l'effet produit par une roue en dessous sera presque en proportion avec la hauteur de la charge virtuelle ou effective.

TROISIÈME PRINCIPE. La quantité d'eau dépensée étant la même, l'effet sera presque comme le carré de la vitesse de l'eau; c'est-à-dire que si un moulin, mù par une certaine quantité d'eau avec une vitesse de 5<sup>m</sup>5 par seconde, est capable de moudre 1<sup>h</sup>50 de blé par heure, un autre moulin mù par la même quantité d'eau, mais avec une vitesse de 6<sup>m</sup>8 par seconde, moudra à peu près 2<sup>h</sup>30 de blé par heure, parce que le carré de 5,5 est 30,25, et le carré de 6,8 est 46,24, nombres qui sont à peu près dans la proportion de 2 à 3.

QUATRIÈME PRINCIPE. L'ouverture par laquelle passe l'eau étant la même, l'effet sera à peu près comme le cube de la vitesse de l'eau; c'est-à-dire que si un moulin mù par l'eau qui passe par une certaine ouverture, avec une vitesse de 5<sup>m</sup>5 par seconde, peut moudre 1<sup>h</sup>5 de blé dans une heure, un autre moulin mù par de l'eau passant par la même ouverture, mais avec une vitesse de 6<sup>m</sup>8 par seconde, moudra environ 3 hectolitres; car le cube de 5,5 est 166,375, et le cube de 6,8 est 314,432, nombres qui sont à peu près dans le rapport de 1 à 2; ainsi 5832 : 4  $\frac{1}{4}$  :: 11, 3904 : 7  $\frac{3}{4}$ .

CINQUIÈME PRINCIPE. Le rapport entre la puissance de l'eau dépensée et l'effet produit par la roue sera de 3 à 1. En comparant plusieurs expériences, M. Smeaton a établi les rapports entre elles pour de grandes machines. Ainsi le poids de l'eau qui se dépense dans un temps quelconque donné étant multiplié par la hauteur de la chute, et si l'on multiplie aussi le poids qu'elle lève par la hauteur à laquelle il est porté, le premier de ces deux produits sera le triple du second.

**SIXIÈME PRINCIPE.** Le rapport le plus exact entre la vitesse de l'eau et celle des palettes ou aubes de la roue est celui de 5 : 2 ; par exemple, si l'eau, quand elle frappe au-dessous de la roue, court avec une vitesse de 5 mètres par seconde, si le mouvement communiqué à la roue est tel que ses *palettes* acquièrent une vitesse de 2 mètres par seconde, la roue recevra de l'eau la plus grande impulsion.

**SEPTIÈME PRINCIPE.** Il n'y a pas de rapport certain entre la charge que porte la roue lorsqu'elle produit son plus grand effet, et la charge qui l'arrêterait totalement ; mais le rapport le plus près de la vérité est celui de 4 à 3, lorsque la roue exerce sa plus grande puissance, soit que cette puissance dérive d'un accroissement dans la vitesse de l'eau, ou d'un accroissement dans sa quantité ; et cette proportion paraît la plus applicable aux grandes machines. Quand on sait l'effet que doit produire une roue, et la vitesse qu'elle doit avoir en produisant cet effet, il importe peu pour la pratique de savoir exactement quelle est la plus grande charge qu'elle puisse porter.

**HUITIÈME PRINCIPE.** La charge que la roue doit avoir pour agir le plus efficacement peut toujours être connue de cette manière : déterminez la puissance de toute la masse d'eau, en multipliant le poids de l'eau dépensée dans une minute par la hauteur de la chute ; prenez le tiers du produit, et vous aurez l'effet que doit produire la force de la roue. Pour trouver la charge, il faut diviser ce produit par la vitesse que la roue doit avoir, et cette vitesse, comme nous l'avons établi, doit être les deux cinquièmes de la vitesse de l'eau quand elle frappe la roue.

Pour faire l'application de ces principes dans un endroit où l'on veut établir une roue en dessous, la première chose à faire est de considérer si l'eau passe librement, de manière à ne pas contrarier le mouvement de la roue, et si la chute qu'on peut obtenir en construisant le bief et l'écluse qui amèneront l'eau, l'obligera de frapper les *palettes* de la roue avec assez de force pour leur communiquer du mouvement. Il faut savoir aussi si la quantité d'eau suffira pour faire aller le moulin pendant un certain temps chaque jour.

Connaissant la hauteur de la charge d'eau, c'est-à-dire la hauteur de la surface au-dessus du centre de l'ouverture de l'écluse, il faut savoir quelle sera la vitesse continue de l'eau qui s'échappe par cette ouverture.

Quelquefois on connaît la vitesse de l'eau donnée, lorsqu'elle passe par l'ouverture de l'écluse, et l'on veut savoir alors quelle hauteur de colonne produira cette vitesse. On peut trouver ces deux choses par une seule règle et une opération arithmétique fort simple que nous allons donner.

D'abord, la hauteur perpendiculaire de la chute d'eau étant donnée en nombres décimaux, on peut, avec le secours de la méthode suivante, trouver la vitesse de l'eau par seconde.

Il suffit pour cela de multiplier le nombre constant 64,2882 par la hauteur donnée, et la racine carrée du produit donnera la vitesse cherchée.

1<sup>er</sup> *exemple.* Si la hauteur est de 2 mètres, on trouvera que la vitesse par seconde est de 11<sup>m</sup>34.

2<sup>e</sup> *exemple.* Si la hauteur est de 16<sup>m</sup>0913, la vitesse par seconde sera de 32<sup>m</sup>1826.

3<sup>e</sup> *exemple.* Si la hauteur est de 50 mètres, la vitesse par seconde sera de 56<sup>m</sup>68.

*Observation.* Les vitesses trouvées par ce moyen ne sont que des vitesses théoriques, c'est-à-dire celles qu'acquerrait un corps en tombant de cette hauteur dans le vide ; la vitesse réelle ou de fait sera moindre de 6 ou 7 dixièmes.

La vitesse uniforme d'un fluide par seconde étant donnée en nombres décimaux, la règle suivante servira à faire trouver la hauteur de la colonne, ou la chute qui doit produire une pareille vitesse.

*Règle.* Multipliez la vitesse donnée par elle-même, et divisez le produit par 64,2882 ; le quotient sera la hauteur cherchée.

1<sup>er</sup> *exemple.* Si la vitesse donnée est de 3 mètres par seconde, la hauteur sera de 0<sup>m</sup>139.

2<sup>e</sup> *exemple.* Si la vitesse donnée est de 32<sup>m</sup>1826 par seconde, on trouvera pour la hauteur 16<sup>m</sup>0913.

3<sup>e</sup> *exemple.* Que la vitesse soit de 100 mètres par seconde, la hauteur sera de 155<sup>m</sup>964.

Toutes ces notions sont absolument nécessaires pour construire une roue en dessous ; mais le moyen le plus avantageux de la faire marcher, et de découvrir sa plus grande force, serait très difficile à trouver, si nous n'avions pas le maximum de puissance trouvé par M. Smeaton, qui fait voir qu'une roue en dessous déploie le plus avantageusement son action lorsque la vitesse de ses *palettes* est égale aux  $\frac{2}{5}$  des  $\frac{4}{10}$  de celle de l'eau qui la met en mouvement.

#### *Roue hydraulique de Lambert.*

En 1819, M. Lambert obtint un brevet de perfectionnement pour la roue de puits dont il a fait la description en ces termes :

« Ma roue de puits, dit-il, représentée par les figures 85, 86 et 87, montre les palettes placées verticalement à la surface de l'eau dans laquelle elles doivent plonger ; et dans quelque position que la roue se trouve, dans quelque direction qu'elle tourne, les palettes conservent toujours la même situation verticale ; c'est-à-dire qu'elles entrent dans l'eau dans laquelle cette roue de puits fait sa révolution, et la quittent dans une direction perpendiculaire. L'immense avantage de ces *palettes* est depuis longtemps considéré comme une innovation très importante et très précieuse, surtout pour les roues de puits appelées par les ingénieurs roues en dessous, en usage dans les moulins à eau ou dans la navigation. La prise que l'eau a sur les aubes de ces sortes de roues n'est pas le seul avantage que procure la position verticale de ces aubes ; elles ont encore celui d'occasionner très peu de *remou* en sortant de l'eau. Le principe de ce perfectionnement est de faire reculer les palettes inférieures du centre de l'*essieu* vers les bras auxquels elles sont attachées, tandis que les palettes de la partie supérieure tendent vers le centre de l'*essieu* à des distances égales à celles dont les autres s'en écartent ; et dans la rotation de la roue, chaque palette passe par toutes les différentes évolutions et positions auxquelles elle est assujettie par chaque révolution de la roue. Les palettes d'en bas décrivent un plus grand arc de cercle que celles d'en haut, ou plutôt elles parcourent à leurs extrémités un plus grand espace dans le même temps : cet effet rend la moitié inférieure de la roue plus lourde que la partie supérieure, par

la position excentrique des palettes et de l'anneau plat en fer auquel elles sont attachées ; il augmente aussi la vitesse d'un corps naviguant dans l'eau , auquel on applique ces sortes de roue.

« Les figures 85, 86, 87, sont autant de vues différentes de maroue perfectionnée; dans chacune d'elles, la palette d'en bas est placée selon sa plus grande profondeur dans l'eau ; B est un des bras en fer auxquels les extrémités des palettes C sont fixées par les *goupilles de jonction* D. E E est un cercle de fer plat, ou cercle concentrique, placé à égale distance des deux bras, et auquel les autres extrémités des palettes sont fixées par de semblables *goupilles* F. G G sont deux cylindres ou roues, dont on voit une coupe dans la fig. 88 ; ils peuvent tourner sur des axes immobiles, ou être fixés sur des axes tournants, à volonté. L'utilité de ces espèces de guides est de maintenir fermement le cercle de fer E E à sa place, à distance égale des deux bras, et de manière qu'ils aient le même centre que l'axe A. Ces roues doivent être séparées les unes des autres, à une distance rigoureusement égale du diamètre du cercle de fer E, conséquemment les roues G G doivent être placées sur une ligne passant par le centre du cercle E E, ce qui obligera ce cercle à toucher et faire mouvoir les roues G G. Le cercle E E, en frottant tous les points de sa circonférence contre les roues G G, forme une course excentrique. Ce cercle E E peut avoir des dents comme le tour d'une *roue dentée*; et dans ce cas les roues G G, une seule ou toutes les deux, peuvent être façonnées en *pignons* pour recevoir les dents du cercle E E ; ce qui serait un moyen prompt et facile de faire servir ma roue à aubes perfectionnées à la mécanique.

« Je me sers quelquefois de deux ressorts d'acier plats, fig. 89, au lieu des roues G G, pour maintenir le cercle E E en place; et je m'en suis bien trouvé dans certaines situations. Il faut avoir grand soin de percer les trous de *goupilles*, dans les bras B, à des intervalles bien égaux, et il faut faire attention aussi, en perçant ou forant les trous de *goupilles* dans le cercle E E, qu'ils correspondent bien juste avec les trous percés dans les bras B. Il sera toujours bon de percer à la fois les bras B et le cercle E E, pour que les trous de *goupille*, dans tous les trois, se correspondent exactement, ayant un centre commun. Il faudra également que les trous de *goupille* dans les palettes ou aubes soient bien correspondants; car c'est la distance des trous de D à F dans les palettes C C, comme on le voit par la fig. 90, qui détermine l'excentricité de la course de l'anneau de fer E E; et c'est en assujettissant ces palettes en D aux bras B et en F au cercle E E, et en maintenant le cercle E E dans sa véritable position, soit par les roues G G ou les ressorts H H qu'on y a substitués, que les palettes conservent toujours une position verticale à la surface de l'eau; ce qui fait rapprocher les palettes supérieures du centre de l'axe A, pendant que les palettes d'en bas s'en écartent.

La fig. 86 représente la roue vue de face avec toutes les palettes attachées aux deux bras de la roue ; on voit l'anneau de fer E E placé à égale distance des châssis, et la manière dont les palettes y sont fixées. Les palettes inférieures sont à leur plus grande distance du centre de l'axe A, pendant que les deux palettes d'en haut se rapprochent le plus de cet axe : les *goupilles* ou *boulons* doivent avoir des vis et des écrous pour les fixer solidement, ou bien des *clefs anglaises* : ces dernières sont préférables. L'axe A doit être mis en



place, et scellé dans les bras en fer par un des moyens ordinaires qu'adoptera un ouvrier habile et expérimenté. Le nombre de palettes ou aubes à mettre à une roue se détermine d'après la grandeur de la roue et sa destination. On aperçoit aisément que le perfectionnement de ma roue se trouve dans sa construction, d'après la combinaison que j'ai indiquée, et non dans le nombre et la dimension des palettes. Je recommande cependant de ne pas mettre moins de six palettes à une roue construite sur le plan de ma roue perfectionnée; je suis persuadé qu'elle marcherait avec moins, mais non pas aussi avantageusement. Les mêmes lettres dans les fig. 85, 86 et 87 représentent les mêmes choses dans toutes les trois. »

## DE LA ROUE EN DESSUS.

Cette roue est une espèce de chapelet d'augets ouverts, disposés autour d'une roue verticale pour recevoir l'eau d'un conduit placé au-dessus, de manière que les augets d'un côté sont toujours pleins, tandis que ceux du côté opposé sont toujours vides. Le côté plein tend à descendre, et la roue, en tournant, amène les augets vides sous le conduit, pour se remplir à leur tour.

La principale chose à considérer dans la construction de cette roue est d'avoir des augets qui, par leur forme, puissent retenir l'eau pendant la plus grande partie de la révolution; et comme on n'y arrive pas facilement, les constructeurs de moulins ont fait de nombreux essais pour trouver la forme la plus convenable.

La fig. 91 est l'épure d'une roue ayant 40 augets; l'espace rempli par les planchettes contenues entre les cercles concentriques Q D S et P A R, s'appelle la jante, et Q P l'épaisseur de la jante. On appelle le cercle P A R la sole ou le fond de la roue; on le fait ordinairement en planches clouées à des cercles de bois courbe très forts, solidement joints avec les bras ou rayons. Les séparations qui déterminent la forme des augets sont faites avec trois planches A B, B C, C D, auxquelles on donne différents noms: nous les avons entendu appeler épaules, bras et poings (probablement à cause de leur analogie avec ces parties du corps humain). B se nomme aussi le coude.

La fig. 92 représente une certaine partie de ces mêmes augets, mais plus en grand. Pour qu'on puisse voir plus distinctement la proportion des parties, on a fait A G la distance entre deux augets d'environ  $\frac{1}{3}$  de plus que l'épaisseur G H de la jante. Le bras A B est moitié de A I. La planche B C rencontre A B de manière à passer par H, si elle se prolongeait; mais elle ne va pas plus loin que C, de sorte que F G est les  $\frac{2}{3}$  de G H ou de A I. C D est disposé de manière que H D est environ le  $\frac{1}{3}$  de I H.

Il résulte de cette construction que l'aire F A B C est presque égale à D A B C; par ce moyen l'eau qui occupe l'espace F A B C sera toute contenue dans l'auget, lorsqu'il arrivera à la position où A D est une ligne horizontale; la ligne A B fera alors un angle de 35° avec la verticale, ou, ce qui est la même chose, l'auget sera à 35° de la verticale passant par l'axe du mouvement. Si l'auget descend au point où la moitié de l'eau se perd, la ligne A B fera un angle de 25 ou 24° à peu près; en conséquence, la roue, remplie au degré

qu'il faut, commencera à verser l'eau à  $\frac{1}{8}$  de diamètre environ du fond; et à  $\frac{1}{12}$  de diamètre plus bas, l'auget aura perdu la moitié de son contenu. Si un plus grand nombre d'augets s'étaient remplis d'eau en passant sous le courant, l'épanchement ou la déperdition aurait commencé plus tôt et l'on aurait perdu une plus grande portion de la chute d'eau. La perte qui résulte de la construction en usage aujourd'hui est au-dessous de  $\frac{1}{12}$  (en supposant tout à fait au sommet l'eau qui doit alimenter la roue), et peut être estimée à  $\frac{1}{15}$ ; car la perte est exprimée par le sinus verse de l'angle que fait le rayon de l'auget avec la ligne verticale. Le sinus verse de  $35^\circ$  est à peu près le  $\frac{1}{8}$  du rayon, c'est-à-dire 0,18085, ou bien le  $\frac{1}{10}$  du diamètre. Il est évident que si chaque auget, en passant sous le *courant*, avait reçu la moitié seulement de cette eau, elle aurait parcouru  $10^\circ$  de plus de la révolution sans se répandre, et la perte de chute n'aurait été que de  $\frac{1}{10}$  environ.

Ces observations servent à démontrer qu'il est avantageux d'avoir des augets assez grands pour que la quantité d'eau que chacun reçoit en passant sous la chute ne le remplisse pas entièrement; il faut pour cela les faire d'une longueur suffisante, ou, ce qui revient au même, faire la roue assez large entre les deux *jantes*.

M. Robert Burn avait apporté, à ce qu'il paraît, une amélioration considérable dans la construction de l'auget. Le principe de ce perfectionnement consistait à partager la capacité de l'auget par une séparation, de manière à en faire deux capacités égales. V. la fig. 93. L'auget se composait d'une *épaule* A B, d'un *bras* B et d'un *poing* C D concentrique avec le bord de la roue, et était partagé par la séparation L M concentrique avec la *sole* et le bord. Ces augets étant au tiers pleins, à 18' du bas de la roue, ils n'auraient pas perdu une goutte d'eau; à 11' ils en auraient perdu la moitié. On reconnut que ces avantages étaient contrebalancés par des inconvénients, et M. Burn n'a jamais mis son moyen en pratique.

La vitesse d'une roue en dessus est un sujet fort délicat à examiner; aussi les auteurs théoriques et pratiques n'ont jamais été d'accord sur ce point. Belidor prétend qu'il y a une certaine vitesse *relative* à celle qu'on obtient par la chute entière, qui donne à une roue en dessus la plus grande impulsion. Desaguliers, Smeaton, Lambert, de Parcieux et autres, pensent que cette vitesse relative n'existe point, et que la force d'une roue en dessus sera d'autant plus grande que son moteur la fera mouvoir plus lentement. Belidor soutient aussi que la puissance active de l'eau sur une *roue à augets* d'un diamètre quelconque est égale à l'impulsion de la même eau sur les *palettes* d'une roue en dessous, lorsque l'eau s'échappe d'une écluse dans le fond du *atardeau*. Les autres écrivains que nous venons de citer assurent que l'énergie d'une roue en dessous n'est que la moitié de celle de la roue en dessus, mue par la même quantité d'eau tombant de la même hauteur. L'opinion la plus générale est que la roue en dessus est d'autant plus puissante que son mouvement est plus lent; et voici par quel raisonnement on le prouve. Supposez une roue ayant 30 augets, sur le haut de laquelle arrivent 2 hectolitres d'eau par seconde, lesquels se vident à une certaine hauteur du bas de la roue, sans avoir perdu d'eau dans ce mouvement; ne tenez point compte du mouvement de la roue, les augets ayant la capacité suffisante pour contenir toute cette eau. Supposez cette roue destinée à lever un poids quel-

conque, de l'eau par exemple, dans une chaîne de 30 augets, à la même hauteur et avec la même vitesse. Supposiez encore que lorsque la charge sur le côté ascendant de la machine est la moitié de celle qui est sur la roue, la roue fait quatre révolutions par minute, ou un tour par 15 secondes. Pendant ce temps il aura coulé 30 hectolitres d'eau dans les 30 augets, et par conséquent un hectolitre dans chaque auget; dans ce cas chacun des seaux ascendants contient un demi-hectolitre; il tombe dans la citerne supérieure 15 hectolitres d'eau pendant que la roue fait un tour, et par conséquent 60 hectolitres par minute.

Maintenant, supposiez la machine chargée de façon qu'elle ne fasse que deux tours par minute ou un tour en 30 secondes, chaque seau descendant contiendra 2 hectolitres d'eau. Si chaque seau du côté ascendant contenait 1 hectolitre d'eau, le mouvement de la machine serait le même qu'auparavant; c'est un point que personne ne contestera. Si on suspend 2 kilogrammes à un bout de corde qui passe par une poulie, et 1 kilogramme à l'autre bout, la vitesse de descente des 2 kilogrammes sera la même que celle d'un poids de 4 kilogrammes qu'on emploie de la même manière pour enlever 2 kilogrammes. Si donc notre machine continue à faire quatre tours par minute, elle versera 30 hectolitres d'eau pendant chaque tour, et 120 par minute. Mais, par hypothèse, elle ne fait que deux tours par minute; ce ralentissement doit donc provenir de ce qu'il y a une charge plus forte que 2 hectolitres d'eau montante dans chaque seau ascendant. La machine doit donc soulever plus de 30 hectolitres d'eau pendant chaque tour de la roue, et par conséquent plus de 60 par minute.

On voit donc que si la machine tourne deux fois aussi lentement qu'auparavant, il y a *plus de deux fois la première quantité* dans les seaux ascendants, et la même puissance en lèvera davantage dans une minute. On verrait de même que si la machine va trois fois aussi lentement, il faut qu'il y ait *plus de trois fois* la première quantité dans les seaux ascendants, en conséquence elle aura plus de force.

En continuant le raisonnement on est fondé à dire que plus on ralentit la machine (autant du moins que la pratique le permet), en la chargeant davantage, plus son action est puissante; la vérité de cette assertion peut se démontrer de cette manière. Nous appellerons  $Q$  la quantité d'eau élevée par le seau ascendant; si la roue fait quatre tours par minute, l'eau élevée pendant ce temps sera  $4 \times 30 \times Q = 120 Q$ . On a fait voir que la quantité d'eau de ce seau lorsque la machine va deux fois aussi lentement était plus grande que  $2 Q$ ; appelons-la  $2 Q + x$ ; l'eau élevée par deux tours en une minute sera  $2 \times 30 \times (2 Q + x) = 120 Q + 60 x$ . Supposons ensuite que la machine aille quatre fois aussi lentement, c'est-à-dire qu'elle ne fasse qu'un tour par minute; alors un seau ascendant contiendra plus de deux fois la quantité  $2 Q + x$  ou plus de  $4 Q + 2 x$ , et l'on pourra exprimer cette quantité par  $4 Q + 2 x + y$ . La quantité d'eau élevée lorsque la roue fait un tour par minute sera alors  $30 \times (4 Q + 2 x + y) = 120 Q + 60 x + 30 y$ . Il est donc évident que l'effet produit par la machine augmente en raison de la diminution de vitesse produite par la simple addition d'une charge de travail; ou, en d'autres termes, que plus elle marche lentement, plus elle travaille. Mais ceci doit s'entendre abstraction faite du frottement sur les tourillons de la

roue, sorte de résistance qui augmente avec la charge, quoique dans une proportion différente,

Nous avons supposé la machine dans son état de mouvement régulier et permanent; si nous la considérons seulement au commencement de son action, nous trouverons des motifs encore plus favorables à l'adoption du mouvement lent. En effet, à la première impulsion donnée par le moteur principal, une partie de la force est employée à surmonter l'inertie de la machine qui ne prend que graduellement la vitesse qu'elle doit garder : pendant cet effort, la résistance qui provient du frottement s'accroît au point de contrebalancer exactement la pression de l'eau, et le mouvement de la machine ne cesse de s'accélérer. Ainsi, plus la force et la résistance produite par l'effort sont grandes par rapport à l'inertie de la machine, plus tôt celle-ci arrive à son degré de vitesse permanent.

Les considérations précédentes démontrent, en général, l'avantage d'un mouvement lent, sans indiquer aucun rapport fixe entre le mouvement et l'effet, ni aucun principe sur lequel on puisse établir ce rapport; mais cela n'est pas, en effet, nécessaire à établir pour la pratique. Il est évident qu'il n'existe pas dans la nature des choses un *maximum* de travail attaché à certaine proportion de mouvement, et qui rendrait cette proportion préférable à d'autres. Tout ce qu'on doit observer à cet égard est donc qu'il faut charger la machine pour ralentir son mouvement, si des circonstances physiques n'opposent pas des obstacles à sa marche; or de tels obstacles, produisant l'inégalité d'action, sont inévitables même dans les machines faites avec le plus de précision, telles qu'une roue et un pignon; ces sortes d'inégalités augmentent par les changements de forme occasionnés par l'usure de la machine. Des inégalités encore plus considérables naissent des mouvements des manivelles, des pilons et des autres parties qui se meuvent irrégulièrement avec une action réciproque. Que l'on charge une machine au point juste qui la met en équilibre avec l'effort qu'elle a à faire quand toutes ses parties sont dans leur position la plus avantageuse, aussitôt que cette position change, la machine s'arrête ou du moins vacille et travaille inégalement. Les parties affectées par le frottement portant longtemps les unes contre les autres, et soumises à d'énormes pressions, entrent profondément l'une dans l'autre et augmentent le frottement. Ces mouvements retardés doivent donc être évités. Un peu plus de vitesse donne à la machine le moyen de surmonter cette augmentation de résistance, ou par son inertie, ou par la quantité considérable de mouvement qui lui est inhérente. Les grandes machines ont cet avantage à un très haut degré, et peuvent conséquemment travailler avec certitude, lors même qu'on diminue la vitesse de leurs mouvements.

M. Smeaton, dans ses recherches expérimentales, avant d'examiner la puissance et l'application de l'eau, quand elle agit par sa *gravité* sur les *roues* en dessus, nous dit : « Si l'on raisonnait théoriquement, il semblerait que, quelque différent que soit le mode d'application, toutes les fois que la même quantité d'eau tomberait à travers le même espace perpendiculaire, la puissance effective naturelle serait égale, en supposant le mécanisme exempt de frottement, et calculé également pour recevoir le plein effet de la puissance et pour en tirer le plus grand avantage; car, en supposant une colonne d'eau de la hauteur d'un mètre, et sa base ou son ouverture d'un centimètre carré,

chaque centimètre cube d'eau qui en sort acquiert, par la pression uniforme d'un mètre au-dessus de lui, une vitesse ou quantité d'action égale à celle qui serait gagnée par un centimètre cube tombant de la hauteur du sommet de la colonne au niveau de l'ouverture. On pourrait donc supposer qu'un centimètre cube d'eau, traversant dans sa chute un espace d'un mètre, et venant frapper contre un autre corps, serait capable de produire, par la percussion, un effet égal à celui du même centimètre cube qui serait descendu plus lentement; mais quoique ce raisonnement paraisse fondé, on trouvera dans les conclusions suivantes que l'effet du poids des corps tombants est très différent de l'effet du choc des corps non élastiques, bien que l'un et l'autre effet proviennent d'une force théorique égale.

Quand M. Smeaton eut fini ses expériences sur les roues en dessous, il réduisit le nombre des aubes de 24 à 12, ce qui diminua l'effet, parce qu'une plus grande quantité d'eau échappait entre les aubes et le sol; mais en adaptant à la roue un coursier circulaire assez long pour qu'une aube entre dans la courbe avant que la précédente en soit sortie, l'effet devenait assez semblable à ce qu'il était avant la réduction du nombre des aubes pour qu'on ne pût espérer de l'accroître en reportant le nombre à 24.

Cette expérience a été faite sur une chute de 0<sup>m</sup>1524 et une roue haute de 0<sup>m</sup>61, en sorte que la descente de l'eau était de 0<sup>m</sup>7624 en totalité. La quantité d'eau dépensée en une minute était 43<sup>k</sup>79, qui multipliés par 0<sup>m</sup>7624 donnent une force de 33,38. Après avoir fait les déductions nécessaires, l'effet a été estimé à 21,87. Le rapport entre la *force* et l'*effet* serait celui de 33,38 à 21,87 ou à peu près de 3 à 2. Mais si nous estimons la force d'après la hauteur de la roue seulement, nous aurons encore pour la *force* 43<sup>k</sup>79 multipliés par 0<sup>m</sup>61 = 26,71 et celle-ci sera à l'effet comme 26,71 : 21,87, ou comme 5 à 4 à peu près.

Les conclusions suivantes ont été tirées d'une autre suite d'expériences.

1<sup>o</sup> La puissance réelle de l'eau doit être calculée d'après la totalité de sa chute, parce qu'il faut qu'elle soit élevée à la même hauteur pour produire le même effet une seconde fois. Les rapports entre les puissances ainsi estimées et le *maximum* des effets ne sont pas les mêmes dans toutes les circonstances, ils peuvent varier du rapport de 4 : 3 à celui de 4 : 2.

Dans les expériences où la descente de l'eau et la quantité dépensée étaient moindres, la proportion approchait de celle de 4 à 3; mais quand la chute et la quantité d'eau étaient plus grandes, la proportion était d'environ 4 à 2; et dans l'intermédiaire, la proportion était presque de 3 à 2. Il paraît, d'après cela, que l'effet de ces roues est à peu près le double de celui des roues en dessous, et que, par conséquent, les corps non élastiques, lorsqu'ils agissent par impulsion ou par frottement, ne communiquent qu'une partie de leur puissance primitive : le reste est employé à changer leur forme en conséquence du choc. La conclusion finale est donc que les effets, aussi bien que les forces, sont en raison des quantités d'eau et des hauteurs perpendiculaires multipliées les unes par les autres.

2<sup>o</sup> En augmentant la chute de 0<sup>m</sup>076 à 0<sup>m</sup>279, c'est-à-dire en portant la totalité de la descente de 0<sup>m</sup>686 à 0<sup>m</sup>889, ou presque dans la proportion de 7 à 9, l'effet n'est augmenté que dans la proportion de 8,1 à 8,4, c'est-à-dire comme 7 à 7,26; et, conséquemment, l'accroissement de l'effet n'est pas un

septième de l'accroissement de la hauteur perpendiculaire. Il suit de là que plus la roue a de hauteur par rapport à la totalité de la descente de l'eau, plus l'effet est grand, par la raison qu'il dépend moins de l'impulsion de la chute que du poids de l'eau dans les augets; et si l'on considère que l'eau sortant de la chute ne peut frapper que très obliquement contre les augets, il sera facile de se rendre compte du peu d'avantage que l'on peut tirer de cette impulsion, pour augmenter l'effet d'une roue de cette espèce. Toutefois, ceci, comme toute autre chose, n'est vrai que jusqu'à un certain point; car il est désirable que l'eau tombant sur une roue, ait un certain degré de vitesse de plus que la circonférence de cette roue; autrement, non seulement le mouvement de la roue serait retardé par le choc des augets contre l'eau, mais encore une partie de la puissance serait perdue par le choc de l'eau sur les augets.

3° Pour déterminer la vitesse que la circonférence de la roue doit avoir quand on veut qu'elle produise le plus grand effet, M. Smeaton a observé que plus un corps descend lentement, plus la partie de l'action de gravitation applicable à la production de l'effet mécanique sera considérable, et, par conséquent, plus l'effet sera grand. Si un courant d'eau tombe dans l'auget d'une roue en dessus, l'eau y est retenue jusqu'à ce que la roue, en tournant, l'en expulse: conséquemment, plus la roue se meut lentement, plus grande est la quantité d'eau que chacun des augets peut recevoir; en sorte que ce qui est perdu en vitesse est regagné par la pression d'une plus grande quantité d'eau agissant à la fois dans les augets. Toutefois les expériences ont montré que quand la roue faisait 20 tours par minute, on obtenait à peu près le plus grand effet possible. Quand elle fait 30 tours, l'effet diminue d'environ un 20<sup>e</sup>; quand elle en fait 40 il diminue d'environ 1/4; quand elle en fait moins de 18 1/4, son mouvement est irrégulier, et quand sa charge ne lui permet pas de faire 18 tours, elle ne peut la surmonter. Dans la pratique, il est avantageux que la vitesse de la roue ne puisse être diminuée au-delà du degré qui peut faire gagner quelque chose sous le rapport de la puissance; parce que, toutes choses égales, si le mouvement est plus lent, les augets doivent être plus grands; et la roue étant alors plus chargée d'eau, son effort sur toutes les parties de la machine s'accroît en proportion. La vitesse que l'on doit préférer dans la pratique est donc celle de 30 tours par minute, c'est-à-dire la vitesse qui fait faire à la circonférence un peu plus de 0<sup>m</sup>914 par seconde. L'expérience a confirmé que cette vitesse de 0<sup>m</sup>914 par seconde est applicable aux plus hautes roues de cette espèce, aussi bien qu'aux plus basses; et si les autres parties de la machine sont bien adaptées à celle-là, on en obtiendra le plus grand effet. On s'est assuré de plus que les roues les plus hautes peuvent dévier de cette règle sans perdre leur puissance, et dans une proportion, par rapport au tout, au-dessus de celle que pourraient admettre des roues plus basses. Par exemple, une roue haute de 5<sup>m</sup>48 peut être mue en raison de 1<sup>m</sup>83 par seconde sans rien perdre de sa puissance; d'autre part, l'auteur a vu une roue de 10 mètres tourner avec beaucoup de certitude à une vitesse qui n'allait pas à plus de 0<sup>m</sup>61. La supériorité de vitesse de la roue de 5<sup>m</sup>48 est probablement due à une proportion plus petite entre la hauteur totale et la chute fournissant à l'eau la vitesse convenable.

4° Le maximum de charge d'une roue en dessus est celle qui réduit la

circonférence de la roue à sa propre vitesse. On le reconnaîtra en divisant l'effet que la roue doit produire dans un temps donné par l'espace que la roue doit décrire pendant la même intervalle ; le quotient sera la résistance surmontée à la circonférence de la roue, égale à la charge requise, y compris le frottement et la résistance du mécanisme.

5° La plus grande vitesse que puisse admettre une roue en dessus dépend et du diamètre de la roue et de la vitesse des corps tombants ; car il est évident que la vitesse de la circonférence ne peut jamais décrire au-delà d'une demi-circonférence pendant qu'un corps tombé du haut de la roue parcourrait son diamètre ; cette vitesse ne peut même jamais être aussi grande, d'autant qu'un corps ne peut parcourir la même distance verticale en suivant un demi-cercle, en aussi peu de temps qu'il lui en faudrait pour le parcourir en ligne droite. Ainsi donc, si une roue a 4<sup>m</sup>90 de diamètre, et qu'un corps puisse la traverser en descendant en une seconde, elle ne pourrait pas acquérir en effet la vitesse d'un tour par deux secondes ; d'ailleurs une roue de cette espèce ne peut jamais approcher de cette vitesse, puisque, lorsqu'elle prend un certain degré d'accélération, la plus grande partie de l'eau ne peut plus entrer dans les augets, et le reste, à un certain point de sa descente, est rejeté en dehors par la force centrifuge. Comme ces circonstances dépendent principalement de la forme des augets, la vitesse la plus grande des roues en dessus ne peut être rigoureusement déterminée ; mais cette précision est réellement peu importante pour la pratique, puisque, dans cette circonstance, le degré de vitesse ne produit aucun effet mécanique.

6° Considérée d'une manière abstraite, la plus grande charge qu'une roue de cette espèce puisse surmonter est nécessairement indéterminée ; car les augets pouvant être de différentes capacités, plus la roue est chargée, plus elle tourne lentement, et plus les augets se remplissent d'eau : par conséquent, quoique le diamètre de la roue et la quantité d'eau dépensée soient l'un et l'autre limités, on ne peut cependant assigner aucune résistance qu'ils ne puissent surmonter. Cependant on rencontre toujours dans la pratique des obstacles qui empêchent de rien porter à l'infini ; et il faut nécessairement, lorsqu'on veut construire une roue, donner aux augets une capacité déterminée ; par conséquent, cette roue pourra être arrêtée par une résistance égale à l'effort de tous les augets dans une demi-circonférence remplie d'eau. La structure des augets étant donnée, la quantité de cet effort peut être déterminée ; mais elle est de peu de conséquence en pratique, puisque dans ce cas la roue perd ainsi de son pouvoir, par la raison que, bien qu'il reste toujours l'action de la gravité sur une quantité donnée d'eau, cependant, comme cette action est contre-balancée de manière à ne pouvoir se communiquer, elle est incapable de produire aucun effet mécanique d'après notre définition. Dans la réalité, une roue en dessus cesse généralement d'être utile avant qu'elle soit chargée à ce point ; car lorsqu'elle rencontre une résistance capable de diminuer sa vitesse à un certain degré, son mouvement devient irrégulier ; toutefois cela n'arrive jamais avant que la vitesse de la circonférence soit moindre de 8<sup>m</sup>61 par seconde, quand la résistance est égale.

A ce résumé des utiles expériences de M. Smeaton, nous joindrons quel-

ques observations sur les meilleurs moyens de faire tomber l'eau sur les roues en dessus.

L'usage ordinaire est d'amener l'eau dans les augets appartenant à cette espèce au plus haut point de la roue ; mais ce système est décidément mauvais, parce que le centre de gravité de l'auget le plus élevé est directement sur l'essieu de la roue, et conséquemment l'eau versée dans ce vaisseau doit, au lieu de produire un mouvement de rotation, augmenter la pression sur les pivots de l'essieu. La manière la plus avantageuse serait de faire tomber l'eau sur la roue à un angle de  $42\frac{1}{2}$  à 45 degrés, parce qu'alors la puissance de la roue serait augmentée de l'accroissement de celle du *levage*. En construisant les roues sur ce principe, on doit cependant avoir soin de laisser dans les augets la place suffisante pour dégager l'air, autrement la roue ne pourrait agir. La même observation s'applique aux roues frappées au milieu, et nous avons été nous-même témoin d'un fait qui le prouve. Pour mettre en jeu une roue de ce genre, à laquelle le constructeur, pour obtenir le plus grand effet possible, avait ajusté les planches de derrière de manière qu'elles ne pouvaient permettre le dégagement ni de l'eau ni de l'air, il fallut réduire la totalité des planches de derrière pour laisser à l'air un passage suffisant, et à l'eau le moyen d'agir librement sur les aubes.

#### ROUES EN DESSUS SANS ARBRE, DITES DE BURNS.

Cette ingénieuse machine a été inventée et construite par feu M. Burns, dont nous avons eu l'occasion de citer plusieurs fois l'habileté en mécanique. Elle est représentée en deux coupes différentes, fig. 95 et 96, et forme un grand cylindre creux, avec ses augets sans aucun essieu ni arbre.

Cette roue a 3<sup>m</sup>81 de diamètre, 2<sup>m</sup>13 de large sur la totalité, et porte 28 augets. Les tourillons ont 0<sup>m</sup>038 de diamètre sur 0<sup>m</sup>23 de long, les joues ont 0<sup>m</sup>038 d'épaisseur aux points extrêmes. Les bras sont en bois de sapin rouge, et ont 15 centimètres carrés ; une seule pièce forme deux bras de longueur, et à l'endroit où les deux pièces se croisent au centre de la roue, 0<sup>m</sup>032 du bois, restant dans chacune d'elles, servent à joindre les deux bras opposés en une seule pièce. On construit ces roues en ajustant d'abord les tourillons dans une grande pièce de bois dur, les joues parallèles à l'horizon ; et dans cette position, les bras et les cercles *y* sont attachés solidement. Les rainures pour le tambour et les augets doivent être coupées avant d'ôter la pièce principale de place, et l'on fixe les pièces une à une sur les joues à *a a*, avec des chevilles, en laissant, pour les barres croisées, des ouvertures entre chaque bras et le bras opposé. Ces barres, qui n'ont pas plus de 10 centimètres carrés, sont de bon bois de hêtre, et prises dans le corps de la machine. Elles ont 25 centimètres carrés à chaque extrémité ; un fort noyau de vis est ajusté pour recevoir une cheville de 0<sup>m</sup>032 d'épaisseur, qui traverse *b*, et joint les deux côtés ensemble.

Quand les bras ont été fixés bien droits sur les tourillons, on complète le cercle intérieur, on enfonce premièrement les tenons sur les bras et on place les cercles de 11 centimètres d'épaisseur et de 20 centimètres de profondeur, au moyen de clefs poussées dans la mortaise ; on réduit les autres tenons à



0<sup>m</sup>025 d'épaisseur; l'on y attache solidement le cercle extérieur qui n'a que 0<sup>m</sup>076 d'épaisseur sur 0<sup>m</sup>15 de profondeur, au moyen de coins, et on le maintient aux autres extrémités avec trois fortes chevilles de bois, comme en CC; l'extérieur des cercles de dessus et de dessous est de niveau avec le cercle le plus bas, le restant de cette épaisseur se projetant dans les augets.

Il était difficile de trouver un moyen convenable pour admettre l'eau dans les augets de cette roue, en raison de la petitesse de leur ouverture; on y a remédié de la manière suivante :

On fait les ouvertures du fond de l'auge, en fer, et assez éloignées l'une de l'autre pour qu'elles puissent jeter leur eau dans deux augets distincts. Les parties courbes, aussi en fer, sont de plus rendues mobiles, afin de pouvoir proportionner les ouvertures à la quantité d'eau nécessaire pour la roue. Si la chute de l'eau n'est pas à 30 ou 35 centimètres au-dessus de ces ouvertures, il est difficile de lui donner la direction convenable dans les augets, spécialement quand ces ouvertures sont grandes par rapport à eux; car en ce cas, l'eau dévie plus de leur ligne, et tend à retarder la roue en frappant sur l'extérieur des augets.

Les ouvertures par lesquelles l'eau coule dans les augets doivent avoir 25 centimètres de moins en longueur que les augets, savoir : 12 à 13 centimètres de chaque côté; autrement l'eau jaillirait en dehors de chaque côté de la roue à mesure que les augets passeraient.

La manière de construire une roue comme celle de *Cartside* exige peu de travail, comparée à la méthode ordinaire; tout bon menuisier peut la faire aussi bien qu'un constructeur de moulins, et dans l'espace de six ou sept semaines. On entendra mieux sa construction par les renvois suivants aux figures.

La fig. 95 représente trois vues transversales différentes. La partie marquée A représente une partie des planches qui forment l'auget, vue de coupe, et montrant les chevilles; B est une coupe de la roue, à travers une partie des augets, et montrant une coupe de trois des liens 1, 2, 3; D représente la manière dont les extrémités extérieures de la roue sont terminées, et de plus les tourillons, etc.

La fig. 96 est une coupe longitudinale de la roue prise à travers un des bras; elle indique la projection des planches de l'auget, la manière dont les bras de la roue sont liés ensemble, et celle dont les attaches sont liées aux tourillons.

#### CHAÎNE DE SEAUX.

Ce mécanisme est applicable dans les cas où l'on dispose d'une chute d'eau considérable. L'esquisse en a été prise en Écosse, sur une machine employée à mouvoir un moulin à chaume. La fig. 97 n'exige aucune explication. Les seaux CDGH, etc., doivent être liés ensemble par plusieurs chaînes pour éviter le danger de rupture, et se réunir dans une chaîne sans fin qui passe sur deux roues AB, dont la plus élevée est l'axe qui met en mouvement le moulin : E est le jet d'eau. Le principal avantage de cette forme est d'empêcher que l'eau ne se perde en coulant hors des seaux, avant d'arriver à

la partie la plus basse, comme cela a lieu avec la roue. Un autre avantage est que les seaux étant suspendus à la roue A, dont le diamètre est petit, on peut la faire tourner plus vite qu'une roue de plus grand diamètre, sans augmenter la vitesse des seaux descendants au-delà de ce qui est nécessaire. Enfin, elle épargne les rouages quand la machine doit être appliquée, comme dans le moulin à paille, à produire un mouvement rapide. D'autre part, le frottement de la chaîne, lorsqu'elle se replie sur le sommet de la roue et saisit ses dents, est très considérable; les dents doivent entrer dans les chaînons ouverts entre les seaux, pour empêcher la chaîne de glisser sur la roue supérieure. Nous pensons que cette machine serait beaucoup plus avantageuse si l'on faisait passer la chaîne par le centre de gravité de chaque seau, au lieu de faire, suivant l'usage ordinaire, que le poids de chaque seau tende à diriger la chaîne en dehors.

On a proposé de substituer à la roue d'eau ce qu'on appelle une *pompe à chaîne renversée*, dans les cas où la chute est d'une certaine force; nous pensons que cette machine remplirait le but désiré avec assez de probabilité de succès. Elle serait préférable à la *pompe à chaîne* pour élever l'eau, en ce qu'elle permet d'adapter des rondelles de cuir aux pistons sur la chaîne, de la même manière que dans les autres pompes, ces cuirs pouvant s'étendre d'eux-mêmes dans le cylindre, et la pression de l'eau les maintenant dans une tension parfaite.

On ne peut se servir de ces cuirs dans une pompe à chaîne, parce que les côtés des rondelles se tourneraient vers le bas, et arrêteraient le mouvement quand elles seraient tirées en haut dans le cylindre. C'est le mode défectueux employé pour garnir de cuir les pistons de la pompe à chaîne, qui cause son grand frottement. Dans l'action du mouvement d'une pompe à chaîne renversée, les pistons descendent dans le cylindre; par conséquent ils peuvent être pourvus de rondelles de cuir comme les autres pompes, de manière à être parfaitement en contact sans frottement excessif. Cette machine a été proposée en 1784 par M. Cooper, qui obtint pour elle un brevet d'invention; et depuis, le docteur Robinson l'a fortement recommandée.

### ROUES DE CÔTÉ.

La roue de côté participe de la nature de la roue à augets et de celle de la roue en dessous. Elle reçoit l'eau sur le côté, et sa partie inférieure est entourée d'une espèce d'enveloppe circulaire, appelée *coursier*. Cette enveloppe, concentrique à la roue, est en maçonnerie ou en bois. Les aubes sont calculées de manière à passer aussi près que possible de ce coursier sans le toucher; les murs de côté sont de même proportionnés aux côtés de la roue, le but de cette construction étant de ne laisser que le moins d'eau possible sans action sur les aubes. Dans la fig. 98, on voit l'eau versée sur la roue en un point J, situé un peu au-dessous du centre; le courant de l'eau est réglé par la vanne M, placée dans une direction tangente avec la roue, et pourvue d'une crémaillère R et d'un pignon P, par lequel elle peut être soulevée pour régler l'ouverture à donner, suivant qu'on veut laisser arriver plus ou moins d'eau sur la roue.

L'eau frappe premièrement sur l'aube, et lui donne une impulsion; mais quand les aubes descendent dans le coursier, elles forment comme des seaux fermés, dont chacun contient une certaine quantité d'eau, qui ne peut en sortir à moins que la roue ne se meuve; du moins tel est le but qu'on se propose, et pour cela on resserre la roue dans son coursier autant qu'il est possible. Chaque partie d'eau contenue dans cet espace porte sur les parois du coursier et sur les palettes ou aubes de la roue; et sa pression continue, lorsqu'elle n'est pas surmontée par la résistance, fait mouvoir la roue: par là toutes les aubes qui se trouvent dans le coursier sont mises en action par le seul poids de l'eau. L'eau arrive sur la première de ces aubes avec une certaine vitesse, parce que sa surface K est de beaucoup élevée au-dessus de l'orifice par lequel elle s'enfuit.

La partie supérieure de la chute en I est arrondie en segment de cercle, qu'on nomme *couronne de la chute*, et sur lequel l'eau coule. Le côté inférieur de la vanne, quand elle est descendue, est fait pour s'ajuster dans cette courbe de manière à former un joint bien serré: en conséquence, lorsque la vanne est soulevée, l'eau coulant entre son côté inférieur et la couronne en nappe ou en ruisseau, frappe la première aube qui se présente presque perpendiculairement à sa direction, ou tangentiellement à la roue. Ces aubes sont dirigées vers le centre. Il existe aussi d'autres planches placées obliquement au plan des aubes, qui remplissent presque exactement l'espace compris entre deux aubes. Ces planches, appelées *planches montantes* ou *montants*, ont pour but d'empêcher l'eau de refluer par-dessus les aubes dans l'intérieur de la roue; mais les côtés de ces planches ne se prolongent pas assez loin pour rejoindre le dos de l'aube la plus proche, parce qu'on fermerait tout passage à l'air quand l'eau entrerait dans les intervalles entre ces aubes.

Lorsque l'eau frappe avec une certaine force, les *planches montantes* deviennent très nécessaires pour empêcher qu'elle soit lancée par-dessus les palettes ou aubes dans l'intérieur de la roue.

La roue que nous venons de décrire est employée par M. Smeaton dans le grand nombre de moulins qu'il a construits; mais malgré ce qu'il a dit sur l'impulsion de l'eau frappant la roue, il a toujours tâché de faire en sorte que le sommet ou couronne de la chute fût aussi haut que possible, pour obtenir une descente plus grande et une impulsion moins considérable. Toutes les rivières et cours d'eau sont sujets à varier dans leur hauteur, et souvent à un degré très important, par l'effet des pluies ou des sécheresses; il fallait donc nécessairement que la couronne J de la chute eût une hauteur qui permit au courant R, dans son état de la plus grande baisse, de couler sur la couronne en filet de huit à dix centimètres d'épaisseur, pour agir sur la roue. Quand l'eau s'élève plus haut dans l'aube, la pression la pousse contre la roue de manière à donner une impulsion par sa vitesse.

Cependant M. Smeaton sentait bien que le pouvoir communiqué par cette impulsion était fort petit. Dans certains cas, où l'eau était sujette à beaucoup de variations, il employa une fausse couronne ou couronne mobile, sorte de pièce de bois adaptée à la couronne I, et dont il éleva la surface d'un pied ou plus au-dessus de I, pour obtenir une plus grande chute quand l'eau serait à un niveau élevé, tandis qu'il pouvait, quand l'eau se trouvait trop basse pour couler sur cette couronne mobile, l'enlever et laisser tomber l'eau au-dessous.

On a produit depuis le même effet d'une manière plus parfaite, en remplaçant la couronne par une vanne, pièce mobile qui se lève et se baisse suivant la hauteur de l'eau dans l'aube, au moyen de quoi l'inconvénient ci-dessus mentionné est évité.

ROUE DE COTÉ PERFECTIONNÉE, DANS LAQUELLE L'EAU COULE  
PAR-DESSUS LA VANNE.

La fig. 110 est une coupe d'une roue de cette espèce. A est l'eau qu'on fait couler sur les palettes B, et qui pousse la roue par son seul poids. Cette eau ne peut couler hors des aubes, parce qu'elle y est retenue par le coursier D D et les murs latéraux qui renferment les aubes de la roue. La partie supérieure de DD est une plaque de fonte, qui suit la courbure de la maçonnerie. La vanne mobile *e* s'applique sous le dos de la plaque, assez exactement pour empêcher l'eau d'échapper entre elles; l'eau est alors forcée de couler par-dessus les bords supérieurs de la vanne. F est une rainure en fer pratiquée dans la maçonnerie des murs latéraux, pour retenir les extrémités de la vanne; *f* est une crémaillère de fer appliquée au dos de la vanne, et montant au-dessus de la ligne de l'eau où le pignon *g* est appliqué pour élever ou baisser cette vanne. L'axe du pignon est soutenu dans un châssis de bois II. *b* H est un secteur à dents, portant un contrepoids à son extrémité, de manière à soutenir la vanne, sans quoi elle retomberait par sa propre pesanteur, et mettrait le moulin en mouvement quand il ne devrait pas y être. G est un plancher solide, fixé transversalement entre les deux murs latéraux, et destiné à retenir l'eau quand elle monte très haut, comme dans les inondations. Dans les temps ordinaires, l'eau ne monte qu'à quelques centimètres au-dessus du plus bas côté du plancher, et quand la vanne est soulevée de manière à toucher ce bas côté, l'eau ne peut échapper; mais, lorsque la vanne est baissée, elle laisse un espace *e* à travers lequel l'eau coule sur les aubes de la roue.

La fig. III représente la coupe d'une roue de cette espèce d'une forme très bonne. Elle a été construite par MM. Lloyd et Ostel pour les moulins de la manufacture royale d'armes à Enfield Lock. Sa forme est la même que celle de la précédente, mais elle est mieux faite, et réunit la force à la solidité. La partie supérieure de la maçonnerie est surmontée d'une plaque de fonte large de 0<sup>m</sup> 76, entrant dans la maçonnerie des murs latéraux par chacune des extrémités; sa partie la plus basse est attachée au sommet du parapet par des traverses. Cette plaque est établie assez droite pour que le dos de la porte-vanne B pose contre elle, et glisse du haut en bas. Les extrémités de la porte sont guidées par des pièces de fer à rainures, pratiquées dans la maçonnerie des murs latéraux, de manière à fixer les extrémités de la plaque de fer, et la maintenir ferme à sa place. Les rainures ne sont pas droites, mais inclinées vers la verticale, d'autant que le plan de la porte est à angle droit sur le rayon de la roue qui aboutit au point où l'eau tombe. D est une forte planche qui s'étend au milieu des rainures, juste au-dessus de la vanne; quand celle-ci monte, elle arrive au point de toucher le plus bas côté de cette pièce de bois, et arrête l'eau; mais la pièce D est fixée à une telle hauteur, que l'eau coule librement au-dessous de sa moindre hauteur.

Les aubes de la roue ne tendent pas directement vers son centre, mais sont assez inclinées vers lui, pour être exactement horizontales, au point où l'eau commence à couler sur elles. De cette manière le poids de l'eau a son plein effet sur la roue, et les aubes sortent de l'eau dans une position beaucoup meilleure que si elles tendaient directement au centre de la roue; ceci est surtout remarquable quand la roue est inondée dans la partie inférieure du coursier, de manière que l'eau ne peut couler librement hors de la roue. Les dimensions de cette roue sont : 5<sup>m</sup>48 de diamètre jusqu'à la naissance des aubes, et 4<sup>m</sup>27 de large. Ces aubes sont au nombre de 40, chacune de 40 centimètres de large, et chaque *planche montante* de 27 centimètres. La roue se compose de 4 cercles de fonte formant le châssis de la roue. Ils ont chacun 4<sup>m</sup>47 de diamètre, et sont placés à égale distance sur l'axe central, qui a 4<sup>m</sup>47 de long entre les tourillons, et 299 millimètres carrés d'épaisseur. Les tourillons ont 241 millimètres de diamètre. La roue est construite pour faire quatre tours par minute, ce qui donne près de 1<sup>m</sup>07 par seconde pour la vitesse du mouvement des aubes. La chute d'eau a 1<sup>m</sup>83, et la puissance de la roue, quand la vanne est tirée en bas, de la longueur de 0<sup>m</sup>30 perpendiculairement, est égale à la force de vingt-huit chevaux.

## ROUE DE COTÉ AVEC DEUX VANNES.

Dans cette roue, la pièce de bois marquée D, fig. ci-dessus, est ajustée dans la rainure de la vanne et pourvue de hastiers et de pignons, pour glisser de haut en bas indépendamment de la vanne inférieure; il résulte de cette construction que la vanne peut monter et descendre suivant la hauteur de l'eau, en sorte que l'eau peut toujours couler sur son sommet en quantité suffisante pour donner au moulin la vitesse demandée, tandis que la vanne supérieure sert seulement à arrêter le moulin en se serrant contre la vanne inférieure, et en empêchant ainsi l'eau de couler sur elle. On use de cette construction quand le moulin doit avoir un régulateur; en ce cas, le régulateur agit sur la vanne inférieure, et la fait hausser ou baisser, suivant que le moulin prend trop ou trop peu d'eau. Pendant que la vanne supérieure est employée à arrêter le moulin, l'arrangement de la vanne inférieure n'est pas détruit; et lorsqu'elle est mise en jeu de nouveau, elle marche avec sa vitesse accoutumée.

La fig. 101 est une coupe d'une des roues à eau des moulins à coton de MM. Strutt à Belper Derbyshire. Cette roue est très grande, et pour maintenir fortement les vannes A B, de gros barreaux de fer sont fixés au sommet du parapet K, et les vannes sont appliquées au dos des barreaux E, de manière à glisser de haut en bas le long de ces barreaux qui supportent l'effort causé par la pression de l'eau. La vanne inférieure est mise en mouvement au moyen de longues vis *a*, qui ont des roues-à-cordes *b* à leurs extrémités supérieures, pour les faire tourner par une suite de rouages communiquant à ceux du moulin. La vanne supérieure A monte et descend par le moyen des hastiers et pignons C, mus par une manivelle. Les barreaux E sont posés l'un sur l'autre comme des tablettes, mais non tout à fait horizontalement; ils sont inclinés, de manière que les surfaces supérieures des barreaux forment des tangentes à un cercle imaginaire concentrique à la roue, et dont le diamètre ne

serait que le tiers du diamètre de celle-ci. Ces barreaux n'ont que 13 millimètres d'épaisseur, et sont séparés l'un de l'autre par des intervalles de 0<sup>m</sup>063; ils sont très larges, et leur usage étant de conduire l'eau, ils ont la pente convenable depuis le sommet de la vanne inférieure B, pour faire couler l'eau sur les palettes de la roue. Cette disposition permet de placer les vannes à une distance de la roue telle que l'on puisse placer entre la roue et les vannes de fortes barres de fer contre lesquelles portent ces dernières, ce qui empêche qu'elles ne fléchissent vers la roue par l'effet du poids de l'eau. Ces barres, posées debout, sont attachées solidement à la maçonnerie par leurs extrémités inférieures; les autres extrémités sont fixées à une grande pièce de bois D, qui est scellée dans les murs latéraux, et porte sur son dos une charpente de la même forme que les *fermes* des combles, et destinée à l'empêcher de fléchir du côté de la roue. Les barres sont placées à 1<sup>m</sup>52 de distance l'une de l'autre, afin de pouvoir soutenir les vannes en deux endroits dans leurs longueurs, aussi bien qu'à leurs extrémités; de grands *rouleaux* sont posés dans la vanne à la place où elle appuie contre les barres, pour diminuer le frottement qui, sans cela, serait excessif.

Ces précautions ne paraîtront pas inutiles, si l'on considère la dimension de la machine. La roue a 6<sup>m</sup>55 de diamètre et 4<sup>m</sup>57 de large; la chute d'eau est de 7<sup>m</sup>30 à sa moindre hauteur; la vanne supérieure a 0<sup>m</sup>76 de haut et 4<sup>m</sup>57 de long; l'inférieure a la même longueur et 1<sup>m</sup>52 de haut; de sorte qu'elle présente une surface de 6<sup>m</sup>95 carrés, exposée à la pression de l'eau; si l'on prend le centre de la pression aux deux tiers de la profondeur, ou à 1 mètre, cela veut dire qu'une pression égale à celle d'une colonne d'eau de cette hauteur agit sur toute la surface. La pression supportée par la vanne inférieure seulement sera donc représentée par le poids d'une nappe d'eau d'un mètre de hauteur, et dont la base serait de 6<sup>m</sup>95 carrés, c'est-à-dire par sept tonnes environ. Si nous prenons les deux vannes ensemble, la surface est de 10<sup>m</sup>42 carrés, et la pression moyenne de 10 tonnes et demie sur la totalité. La roue construite en fonte a 40 palettes dirigées vers son centre. Deux roues de la dimension ci-dessus décrite sont placées sur une même ligne, séparées seulement par un mur dans lequel sont appuyés les supports, car les deux roues travaillent ensemble comme une seule, la séparation ne servant qu'à se dispenser de faire une roue de 9<sup>m</sup>14 de large, ce qui n'est cependant pas impossible, puisqu'il en existe une dans cette usine dont la largeur est de 12<sup>m</sup>19, mais elle est en bois et construite d'une manière particulière. REES, *Cyclopædia*.

### MOULIN DU DOCTEUR BACKER.

Il paraît que Desaguliers est le premier qui ait publié une description de cette machine. Il en attribue l'invention au docteur Backer, et dans les termes suivants : « Sir George Saville nous a dit qu'il possédait un moulin à farine dans le Lincolnshire, lequel prenait tant d'eau, qu'il épuisait sensiblement ses étangs, ce qui faisait qu'il ne pouvait moudre constamment; mais que, par le perfectionnement du docteur Backer, l'eau fournie par les étangs suffisait maintenant pour faire travailler continuellement ce moulin. »

On voit le moulin de Backer, fig. 102. C D est un axe vertical se mouvant sur un pivot en D, et emportant la meule supérieure M après avoir passé dans une ouverture de la meule fixe C. Sur cet axe est fixé le tube horizontal A B aux extrémités duquel A et B sont deux ouvertures placées dans des directions opposées. Quand l'eau du cours d'eau M N entre dans le tube T T, elle s'échappe par les ouvertures A, B, et par l'effet de la réaction, elle met en mouvement le bras A B, et conséquemment toute la machine. On élève ou on abaisse le plateau *a b*, en tournant la vis *c* au bout du levier *c b*. Pour comprendre comment ce mouvement est produit, supposez les deux ouvertures fermées et le tube T T rempli d'eau jusqu'à T. Les portes de A, B, qui sont fermées, seroient poussées en dehors par une force égale au poids d'une colonne d'eau dont la hauteur serait T T, et l'aire égale à celle des portes. Chaque partie du tube A B supporte une pression semblable; mais, comme ces pressions sont contrebalancées par des pressions égales et en sens contraire, il est en repos. Cependant, en ouvrant l'ouverture en A, on supprime la pression en ce point, et conséquemment le bras A T est entraîné par une pression égale à celle d'une colonne d'eau de la hauteur de T T, agissant sur une aire égale à celle de l'ouverture A. La même chose a lieu sur le bras T B, et ces deux pressions entraînent tout le tube A B dans la même direction. Cette machine est évidemment propre à faire marcher toutes sortes de mécaniques, en plaçant une roue dans l'axe vertical C D.

Dans cette forme de moulins de Backer, la longueur de l'axe C D doit toujours surpasser la hauteur de la chute N D. Par conséquent, lorsque la chute est bien haute, il est difficile de construire une semblable machine. Pour obvier à cette difficulté, M. Mathon de Lacour propose d'introduire l'eau du courant dans les bras horizontaux A B, qui sont attachés sur une fusée de bois C T, sans le tube T T.

On voit aisément que l'eau, dans ce cas, sort des ouvertures A B, de la même manière que si elle eût été introduite au sommet du tube T T, à la hauteur de la chute; ainsi la fusée verticale C D peut être aussi courte que l'on veut. La difficulté qui se présente dans la construction de cette machine est de donner aux bras A B un mouvement sur l'embouchure du tuyau fournissant l'eau, qui entre dans les bras en D, sans qu'il y ait trop de frottement et une trop grande déperdition d'eau. On voit cette forme de moulin, fig. 103. F est le réservoir, K les meules, K D l'axe vertical, F E C le tuyau, dont l'embouchure entre dans le bras horizontal en C. Dans une machine de cette espèce que M. Mathon de Lacour avait vue à Bourg-Argental, A B avait 2<sup>m</sup>32 de longueur et 76 millimètres de diamètre; le diamètre de chaque orifice avait 38 millimètres, F G avait 6<sup>m</sup>40; le diamètre intérieur de D avait 15 millimètres et s'ajustait dans C par la charpente. Ce moulin faisait 115 tours par minute quand il n'était pas chargé, et ne rejetait l'eau que par un seul orifice. Il pesait, à vide, 36<sup>k</sup>27, et la pression supérieure de l'eau soutenait la moitié de son poids.

Ce perfectionnement, que M. Mathon de Lacour fit d'abord connaître dans le *Journal de physique*, année 1775, fut cité, vingt ans après, dans les *Transactions philosophiques américaines*, comme inventé par M. Rumsey; et M. Waring, auteur de la notice, soutient, contre les idées de tous les physiciens, que l'effet de cette machine est seulement égal à celui d'une roue

en dessous, bien construite, et mue par la même quantité d'eau tombant de la même hauteur.

Le docteur Grégory, dans son *Traité des Machines*, etc., vol. II, donne ce Mémoire avec quelques corrections, en le désignant comme un des meilleurs sur l'objet en question. Les règles suivantes, déduites de ses calculs, pourront être utiles à ceux qui désireraient faire l'essai de cette intéressante machine.

1. Chaque bras du tube horizontal tournant doit être d'une longueur convenable, depuis le centre du mouvement jusqu'au centre des ouvertures : cette longueur ne peut être de moins d'un tiers (suivant Grégory, un neuvième) de la hauteur perpendiculaire de la surface de l'eau au-dessus des centres.

2. Multipliez la longueur du bras en mètres par 2,041 et prenez la racine carrée du produit pour le temps juste d'un tour réduit en secondes, et ajustez les autres parties de la machine suivant cette vitesse ; ou bien, si le temps nécessaire pour accomplir une révolution est donné, multipliez le carré de ce temps par 0,497 pour avoir la longueur proportionnelle du bras en mètres.

3. Multipliez ensemble la largeur, la profondeur et la vitesse de la marche par secondes, et divisez le dernier produit par 18,47 fois (14,27 fois, suivant Grégory), la racine carrée de la hauteur pour avoir l'aire des ouvertures.

4. Multipliez l'aire des deux ouvertures par la hauteur de la chute d'eau et le produit par 18,79 (25,39, suivant Grégory) pour la force motrice, rapportée aux centres des ouvertures, en kilog.

5. La puissance et la vitesse à l'ouverture peuvent être facilement réduites à celles de toute autre partie du mécanisme par les règles de mécanique les plus simples.

## MOULINS A MARÉE.

Ces moulins, comme l'indique leur nom, ont pour premier moteur le flux et le reflux de la mer, soit sur les côtes, soit dans les rivières.

Ces moulins sont, à ce que nous croyons, assez rares en Angleterre, quoique plusieurs de nos fleuves, particulièrement la Tamise, le Humber et la Saverne, dans lesquels la marée monte à une grande hauteur, puissent fournir par là des moteurs pour toute espèce de machines, qui seraient très avantageusement placées sur leurs rives.

Les moulins à marée ne sont pas généralement adoptés, non seulement à raison des frais considérables de leur premier établissement, mais parce que plusieurs de leurs parties exigent de fréquentes réparations. Toutefois, dans les pays où le charbon est cher, ils pourraient, au total, être moins dispendieux que les machines à vapeur, en exécutant le même travail.

Nous n'avons pu savoir quel a été le premier inventeur de cette machine en ce pays, ni dans quel temps la première a été construite. Les Français, moins négligents à cet égard, n'ont point laissé dans l'obscurité l'origine d'une invention aussi importante ; et ils ont pris soin de nous apprendre que de semblables moulins étaient connus en France dès le commencement du siècle



dernier. Bélidor cite le nom de l'inventeur en même temps qu'il développe quelques-uns des avantages particuliers de cette machine.

« On en attribue, dit-il, la première invention à un nommé *Perse*, maître charpentier de Dunkerque, qui mérite assurément beaucoup d'éloges, n'y ayant point de gloire plus digne d'un bon citoyen que celle de produire quelque invention utile à la société. En effet, combien n'y a-t-il pas de choses essentielles à la vie, dont on ne connaît le prix que quand on en est privé ? Les moulins en général sont dans ce cas. On doit savoir bon gré à ceux qui nous ont mis en état d'en construire partout : par exemple, à Calais, comme il n'y coule aucune rivière, on n'y a point fait jusqu'ici de moulins à eau, et ceux qui vont par le vent chôment une partie de l'année ; et il y a des temps où cette ville se trouve sans farine. En 1730, j'ai vu la garnison obligée de faire venir du pain de Saint-Omer ; au lieu qu'en se servant du flux et reflux de la mer, on pourrait construire autant de moulins à eau qu'on voudrait. Il existe d'autres villes dans le voisinage de la mer, qui sont sujettes au même inconvénient, parce qu'apparemment elles ignorent le moyen d'y remédier. »

Les moulins destinés à être mis en action par les marées admettent une grande variété dans la construction de leurs parties essentielles ; mais ces variétés de formes se réduisent à quatre chefs principaux, tous relatifs à la manière dont l'eau agit sur la roue d'eau. 1° La roue d'eau peut tourner dans un sens quand la marée monte, et dans un autre quand elle baisse ; 2° la roue d'eau peut tourner dans une seule direction ; 3° la roue d'eau peut monter et descendre, à mesure que la marée monte et descend ; 4° l'essieu de la roue d'eau peut être fixé de telle manière qu'il ne puisse ni hausser ni baisser, quoique le mouvement de rotation lui soit donné pendant qu'elle se trouve tantôt partiellement, tantôt entièrement plongée dans le fluide. Dans les moulins que nous avons examinés, dit le docteur Grégory, la première et la troisième de ces formes étaient habituellement employées dans une même machine ; et la seconde ainsi que la quatrième auraient pu se combiner ensemble pour une autre sorte de machine ; dès lors nous ne parlerons de ces formes que sous deux chefs.

1. Nous commencerons par la roue d'eau qui hausse et baisse, et qui tourne d'un côté à la marée montante, et du côté opposé quand la marée descend. Pour expliquer la nature de cette espèce de moulin, nous en décrirons un récemment construit sur la rive droite de la Tamise à East-Greenwich, sous la direction de M. John Lloyd, habile ingénieur de Brewer'sgreen Westminster.

Ce moulin, destiné à moudre du blé, fait mouvoir huit paires de meules. Le côté de la maison du moulin parallèle à la rivière a 12<sup>m</sup>20 dans l'intérieur ; et comme tout cet espace peut être ouvert à la rivière par des portes d'écluse qui descendent jusqu'au niveau des plus basses eaux, le moulin a 12<sup>m</sup>20 de voie d'eau, par laquelle ce fluide est poussé pendant la marée haute dans un grand réservoir qui occupe environ 1 hectare et 60 centiares de terrain. Au-delà de ce réservoir est un autre bassin plus petit, dans lequel on conserve l'eau pour la lâcher de temps en temps au moment de la marée basse, afin de débarrasser les constructions de la vase et du sédiment qui pourraient à la longue encombrer les machines.

L'axe de la roue d'eau longe la rivière, c'est-à-dire qu'il est parallèle aux

portes d'écluses, par lesquelles l'eau entre dans le moulin; la longueur de cette roue est de 7<sup>m</sup>92, et son diamètre de 3<sup>m</sup>96; elle porte 32 palettes. Ces palettes ne sont pas sur un même plan d'un bout à l'autre de la roue, mais toute la longueur de la roue est divisée en quatre parties égales; et les palettes appartenant à chaque partie tombent graduellement plus bas les unes que les autres, chacune d'un quart de la distance qui sépare une palette de l'autre, distance mesurée sur la circonférence de la roue.

Cette invention, qui sera mieux comprise en examinant la fig. 104, a pour but d'égaliser l'action de l'eau sur la roue, et de l'empêcher de se mouvoir par secousse. La roue, avec son lourd appareil, pèse environ 20 tonneaux, et le tout est mis en mouvement par l'impulsion de la marée, quand elle fait pénétrer l'eau par les portes d'écluses. Elle est placée au milieu du cours d'eau, laissant de chaque côté un passage d'environ 1<sup>m</sup>83 par lequel l'eau coule dans le réservoir en même temps que celle dont la pression fait tourner la roue. Bientôt après que la marée s'est élevée à sa plus grande hauteur (qui est souvent dans ce moulin à 6<sup>m</sup>10 au-dessus du niveau des basses eaux), on laisse l'eau refluer du réservoir dans la rivière, et par ce moyen on donne à la roue d'eau un mouvement de rotation en sens contraire à celui dans lequel elle tournait sous l'impulsion de la marée montante. Le moyen par lequel la roue est élevée et abaissée, et celui qu'on a trouvé pour maintenir tous les mouvements intérieurs du moulin dans la même direction, quoique le mouvement de la roue soit changé, sont tellement ingénieux qu'ils méritent une description détaillée, éclaircie par des figures. Soit A B (fig. 105) une coupe de la roue d'eau; 1, 2, 3, 4, 5, ses aubes; C D, la première roue dentée sur le même axe que la roue d'eau. L'arbre vertical F E porte les deux roues dentées qui sont égales et placées sur l'arbre de manière que l'une ou l'autre, suivant le cas, est mise en position de recevoir le mouvement de la première roue C D. Ainsi cette première roue, agissant sur F et F à des points diamétralement opposés, doit, quoique son propre mouvement soit interverti, communiquer le mouvement de rotation à l'arbre vertical, toujours dans le même sens. On voit, dans la figure, la roue E en action, tandis que F est dégagée de la roue dentée C D; et au retour de la marée, la roue F est mise en jeu, et la roue E hors d'action: ceci s'effectue par le levier G, dont le point d'appui est en H; son autre extrémité est suspendue par le hastier K, lequel est conduit par le pignon L, concentrique à la roue M. Le mouvement est communiqué à cette dernière roue par le pignon N; la manivelle O donne assez d'avantage pour qu'un homme puisse élever ou abaisser les roues autant qu'il est nécessaire.

On voit mieux le centre du levier, fig. 104, où *a b* est une coupe de ce levier composé de deux fortes barres de fer *ab*; deux chevilles d'acier travaillent dans les rainures du cylindre cannelé I, fixé sur les quatre tringles qui entourent l'arbre, et dont trois seulement sont vues dans les fig. aux lettres *c d e*; les extrémités de ces tringles sont fortement vissées dans les roues F, E, et assez exactement adaptées à l'arbre vertical pour qu'elles puissent glisser sans frottement considérable. Ainsi, on peut lever ou baisser les roues F, E le long de l'arbre vertical, pendant que l'axe sur lequel il tourne garde la même position.

Quand la roue supérieure est en action, elle repose sur un épaulement qui

l'empêche de descendre trop bas; et quand celle d'en bas est en jeu, une cheville qui passe à travers la roue supérieure et l'arbre soutient le poids du levier G, et empêche en même temps que les chevilles du levier qui jouent dans les rainures du cylindre I n'éprouvent trop de frottement.

Quand la marée baisse, et que le moulin s'est arrêté pendant le temps suffisant pour que l'on ait pu emmagasiner une chute d'eau assez considérable, on laisse l'eau rentrer et tomber sur la roue par l'écluse G (fig. 105), et elle s'échappe en dehors par l'écluse R.

La pression hydrostatique de la tête d'eau, en agissant contre le fond de la charpente de la roue en G, et en même temps sur les portes battantes TW, qui se trouvent par là converties en très grands soufflets hydrostatiques, soutient la roue et sa charpente (quoique pesant comme on l'a vu plus de 20 tonneaux), et les fait monter graduellement, de manière que la roue n'est jamais, suivant l'expression employée par les ouvriers, entièrement noyée par le flot; et de même, l'eau ne peut s'échapper sous la charpente de la roue, sans être arrêtée par les portes battantes qui règnent d'un bout de la roue à l'autre. Ainsi la roue et son appareil sont soutenus par une colonne de 1<sup>m</sup>22, et le moulin est mis en action par une colonne de 1<sup>m</sup>52 à 1<sup>m</sup>90.

Quand la marée se retire et que l'eau des réservoirs reflue dans la rivière, il est tout simple que la roue d'eau, en conséquence de la baisse graduelle du jusant, baisse en proportion. Alors, de peur que l'eau renfermée entre le massif de charpente en S et les portes battantes T W, n'empêche cet effet, de forts *hastiers* de fonte sont destinés à suspendre la roue à la hauteur voulue ou à la laisser descendre doucement, de manière à donner à l'eau revenant du réservoir une chute avantageuse sur la roue; dans ce cas on ferme l'écluse R, on ouvre V et X, et l'eau qui entre dans cette dernière agit sur la roue et sort en R. La surface supérieure du massif est quadrangulaire, et à chacun des angles est une forte barre de fer qui glisse de bas en haut et de haut en bas dans une rainure, ce qui permet le mouvement vertical, mais empêche toute déviation latérale, que pourrait occasionner l'impulsion du courant.

À chaque extrémité de la roue d'eau est un arbre vertical avec des roues d'engrenage et une première roue dentée, comme E F et C D; chacun de ces arbres fait tourner et baisse avec elle, la grande roue horizontale, à une distance convenable au-dessus des petites roues d'engrenage. Ces roues horizontales font agir en même temps quatre pignons égaux, placés à distances égales autour de leur circonférence; les pignons ont une fusée verticale, sur la partie supérieure de laquelle la meule supérieure de leur paire respective est fixée. D'autres roues poussées par l'un ou l'autre de ces pignons donnent le mouvement aux différentes parties du moulin. Quoique l'arbre vertical, placé à chaque extrémité de la roue d'eau, hausse et baisse avec elle, la grande roue horizontale que ces arbres font tourner reste toujours dans le même plan horizontal, et en contact avec les pignons qu'elle fait agir. Le moyen, par lequel on est parvenu à cela, est très simple. Chaque grande roue horizontale a un cercle qui marche sur des galets, et son moyeu est traversé verticalement par une ouverture carrée, n'ayant que la largeur nécessaire pour que l'arbre P puisse glisser dedans aisément de bas en haut et de haut en bas, mais non tourner sans communiquer son mouvement à la roue. Ainsi le poids de la roue la fait presser sur

les galets et garder son plan horizontal, et l'action des angles de l'arbre vertical sur les parties correspondantes de l'orifice carré dans le moyeu, la fait participer au mouvement de rotation, lequel est toujours dans une même direction par suite du mécanisme qui met les roues E F successivement en contact avec les points opposés de la première roue dentée C D.

Quelques parties subordonnées de ce moulin sont admirablement construites ; mais nous ne citerons que les moyens par lesquels on peut changer à volonté la direction donnée au mouvement, dans les machines à *bluter* et à *préparer*. Sur un arbre vertical, on fixe, à la distance d'environ 38 à 45 centimètres, deux roues dentées égales ; une autre roue dentée, attachée à un axe horizontal, est ajustée de manière à pouvoir être haussée et baissée par une vis, et mise ainsi en contact, soit avec la plus haute, soit avec la plus basse des deux roues dentées de l'arbre vertical ; alors le mouvement, comme on le voit clairement, passe d'une direction à la direction opposée, en changeant seulement la position de l'axe horizontal, de telle sorte que la roue qu'il porte puisse être mise en jeu alternativement par l'une ou l'autre des deux roues dentées. Une roue à pignon, travaillant à l'autre bout de l'axe horizontal, communique le mouvement aux machines de *préparation*.

M. W. Dryden, contre-maitre de M. Lloyd, sous la direction duquel ce moulin a été construit, pense qu'on pourrait adopter avec avantage un mode pressé semblable, pour les machines préparatoires des moulins à vent, en faisant agir trois roues, toutes de différent diamètre, deux desquelles, comme A et C, tourneraient sur un arbre vertical, et la troisième B sur un arbre incliné. On voit, fig. 106, les roues A et B en action, tandis que C est en repos ; et si A est jetée hors d'action par quelque moyen semblable à celui adopté pour la première roue dentée et les roues E, F (fig. 104 et 105), C arrivera en contact avec B ; A sera dégagé, et un mouvement contraire sera communiqué à B. Par cette invention il serait facile, quand le vent serait violent et ferait mouvoir rapidement l'axe vertical, de porter C dans une position où elle pût agir sur B, qui est la roue placée sur l'essieu des machines préparatoires ; et, au contraire, quand le vent serait faible, et le mouvement du mécanisme trop lent, C pourrait être mis hors d'action, et la roue B serait mise en mouvement par la grande roue A, comme on le voit dans la figure.

Nous aurions été bien aise de voir adapter à ce moulin si bien construit, une invention fortement recommandée par les constructeurs américains, pour élever le blé moulu jusqu'aux boîtes, desquelles il passe aux blutoirs. Dans ce moulin, comme dans tous, le blé est mis en sac dans les auges sous les meules, et de là, on le monte au sommet du bâtiment, par une corde roulée autour de cylindres, que font tourner quelques-unes des mécaniques intérieures. Suivant la méthode américaine, une grande vis est placée horizontalement dans l'auge où la farine est reçue. Le filet de la vis est formé de pièces de bois fixées dans un cylindre de même matière, long de 2<sup>m</sup>13 à 2<sup>m</sup>44, qui forme l'axe de la vis. Quand cette vis tourne sur son axe, elle force la farine à passer d'un bout de l'auge à l'autre, d'où elle tombe dans une seconde auge, de laquelle on la fait monter en haut du moulin par des *éleveurs*, mécanisme semblable à la pompe à chaîne. Ces éleveurs consistent en une chaîne de seaux ou vaisseaux convexes, en forme de coupe, attachés à une distance convenable, sur une bande de cuir qui tourne sur deux roues, dont l'une est placée au

sommet et l'autre au fond du moulin, dans l'auge à farine. Quand les roues sont mises en mouvement, la bande tourne, et les seaux plongeant tour à tour dans l'auge à farine transportent celle-ci à l'étage supérieur, où ils déchargent leur contenu. La chaîne de seaux est renfermée dans deux boîtes carrées pour les garantir de tout accident et les conserver propres.

Pour rentrer dans notre sujet, nous allons décrire les moulins à marée, dans lesquels l'essieu de la roue d'eau ne hausse ni ne baisse, et où la roue ne tourne que dans une seule direction. Une roue de cette espèce doit évidemment, pendant la haute marée, être presque inondée, sinon complètement; et pour qu'elle puisse marcher en de telles circonstances, son mécanisme exige beaucoup d'habileté et d'invention.

Les premières personnes qui trouvèrent une forme de roue capable d'être mue par la marée, quoique complètement inondée, furent MM. Gosset et de la Deville. Leur roue est décrite par Bélidor en ces termes :

« On suppose que la ligne  $G H$  (fig. 107) exprime la surface des plus hautes eaux, la ligne  $L M$  celle des plus basses, et que le courant suit la direction de la flèche  $N$ ; il est question de faire en sorte que la roue puisse toujours tourner sur son axe  $I K$ . Il faut être prévenu que la figure que nous donnons ici est un profil composant un assemblage de charpente, qui doit être répété plusieurs fois le long de l'arbre, selon la longueur que l'on veut donner aux aubes, afin que les planches qui doivent composer ces aubes aient autant de points d'appui qu'il convient de leur en donner, pour soutenir le choc de l'eau sans fléchir. Ce que cette roue a de singulier se réduit seulement à attacher sur le tambour, avec des charnières, les planches qui doivent composer les aubes, afin qu'elles puissent se présenter de face, comme  $D$ , quand elles sont au bas de la roue, pour recevoir le choc de l'eau, et qu'au contraire elles ne se présentent que de profil, comme  $A$ , lorsqu'elles sont vers le sommet, parce qu'alors l'eau ayant incomparablement plus de prise en bas qu'en haut, la roue sera contrainte de tourner; au lieu que, si les planches étaient arrêtées à demeure comme de coutume, le choc se trouvant égal en bas et en haut, la roue resterait immobile.

« L'on voit qu'aussitôt que les planches  $D$  sont parvenues vers  $M$ , elles commencent à flotter comme en  $E$  et plus encore en  $F$ , et que ce n'est qu'en  $A$  qu'elles se trouvent dans une situation horizontale; qu'ensuite étant parvenues en  $B$ , elles sont prêtes à se coucher sur leur appui, et c'est à quoi le courant les contraindra lorsqu'elles seront descendues au-dessous de l'axe de la roue, ce qui arrivera toujours de même, à quelque hauteur que soit le niveau  $G H$  de l'eau au-dessus ou au-dessous de l'axe  $I K$ , pourvu que lorsqu'il sera au bas  $L M$ , l'aube verticale  $P Q$  soit entièrement plongée. J'ai été appelé à la première épreuve que l'on a faite d'une pareille roue à Paris, qui a réussi avec tout le succès qu'on pouvait désirer. »

M. Dryden a dernièrement inventé une roue d'eau qui peut travailler, presque inondée par l'eau de la marée montante. La fig. 108 est une élévation de cette roue. Sa partie supérieure est supposée à 60 centimètres au-dessus du plus haut point de la marée; son axe reste toujours en place, et la roue peut tourner pendant la marée haute, quand la chute n'est que de  $B$  à la ligne ponctuée  $A$ ; elle tourne également quand la chute va de  $C$  au bas de la roue. Toutes les aubes sont attachées à l'angle de leurs rayons respectifs

sur la roue, comme on le voit dans la figure, et construites de manière à laisser une ouverture de deux à trois centimètres entre chacune d'elles et le tambour de la roue. Cette ouverture est faite pour empêcher que la roue ne soit arrêtée par une queue d'eau; car, lorsque l'aube sort de l'eau, il n'y a point de vide, l'air remplissant de suite la place de l'eau; alors l'eau quitte la roue sans difficulté. Le cas est différent quand les roues sont construites à la manière accoutumée; si ce sont des roues ouvertes, les aubes seront faites de manière à rejeter la queue d'eau; car, si elles y sont plongées à une certaine profondeur, ou si elles sont fermées, elles manquent de l'issue nécessaire pour dégager l'air, et empêcher qu'il ne se fasse un vide dans le seau montant, ce que les meuniers appellent *teter la queue d'eau*. On ajuste, tout contre la roue, un plancheyage circulaire D, occupant l'espace d'un peu plus de deux aubes, pour diriger l'eau sur la roue. E F G H sont des écluses liées ensemble par la barre de fer J, et élevées à l'aide de la roue, de deux pignons et d'une manivelle; le premier pignon jouant dans le hastier K: ces écluses servent uniquement à arrêter la roue quand cela est nécessaire, quoiqu'une seule puisse suffire à fournir l'eau à la roue. Les cercles de cette roue peuvent être soit en fer, soit en bois, et les aubes se composer de plaques de fer rivées ensemble. Les saillies latérales que l'on voit dans le dessin, sur le bras de la roue, sont destinées à faciliter l'établissement des premières roues dentées; on peut fixer les cercles de la roue à ces saillies, sur l'extrémité des bras, et le moyeu dans lequel passe l'axe reçoit le milieu de la roue.

La fig. 109 est le plan d'un bâtiment dans lequel l'une ou l'autre des deux dernières roues que nous venons de décrire peut être établie; et l'on y voit la manière dont on peut amener l'eau, toujours sur le même côté de la roue au moyen de quatre portes A, B, C et D. Quand la rivière fait aller le moulin, A et B sont ouvertes, et les flèches indiquent le courant de l'eau de la rivière au bassin; les lignes ponctuées montrent le courant dans le sens du bassin à la rivière quand A, B sont fermées et C, D ouvertes. Ces portes tournent sur un axe qui dépasse d'environ 15 centimètres le milieu de la porte, et sur le sommet duquel est une demi-roue. Par l'effet d'une grue ou cabestan lié à ces pièces, la porte s'ouvre et se ferme à volonté; quand une chute d'eau d'une certaine hauteur presse contre les portes, elles s'ouvrent en grande partie d'elles-mêmes, en déplaçant seulement les crampons qui les tiennent fermées. X et Y sont des coudes de fonte qui soutiennent les poteaux sur lesquels les portes sont fixées. Les murs du bâtiment sont figurés en *a, b, c* et *d*.

Le lecteur pourra maintenant apprécier le mérite de ces deux sortes de moulins à marée.

La simplicité de la construction des roues de Gosset, de la Deville et de Dryden les rend très recommandables; mais nous doutons beaucoup qu'elles réussissent complètement dans la pratique. Si la roue, avec les portes battantes, etc., représentée dans les fig. 104 et 106, eût été établie sur un axe perpendiculaire, et non parallèle au cours de la rivière, l'eau aurait pu être admise de manière à agir du même côté, et la pression hydrostatique l'aurait en ce cas fait baisser aussi continuellement pendant la retraite de la marée, qu'elle l'aurait fait monter pendant le flux. Il nous semblerait donc que par ce moyen on épargnerait le travail de l'homme, qui, suivant la construction actuelle, est obligé de surveiller la roue d'eau. De plus, tout l'appareil addi-

tionnel exigé maintenant pour changer les roues à éperons, n'étant plus nécessaire, cela diminuerait de beaucoup la dépense première. (Grégory, *Mach.*, tom. 2.)

Quand on choisit l'emplacement d'un moulin, il faut prendre garde que le sol ne soit point sujet à être inondé. Si l'eau de la queue de moulin ne s'écoule point librement, mais reste suspendue dans le chemin de la roue, en sorte que celle-ci soit forcée de tourner dedans, on dit que la roue *plonge dans la queue d'eau*; ce qui obstrue graduellement le mouvement de la roue, et même l'arrête tout à fait quand le flux est considérable.

Un moulin bien construit se décharge de lui-même de la plus grande partie du remous, pourvu qu'il y ait en même temps accroissement dans la hauteur de l'eau de la pale et une quantité d'eau illimitée à tirer sur la roue. Les parapets des moulins ordinaires portent 60 centimètres de remous quand il y a augmentation de hauteur à la chute, et fournissent abondamment l'eau sur la roue, sans préjudice du travail: des moulins ainsi construits portent 90 à 120 centimètres de remous, et même plus. M. Smeaton parle d'une de ces machines qui portait 1<sup>m</sup>83; il est d'usage dans les pays plats, où le remous est plus embarrassant, d'établir la roue de 15 à 30 centimètres au-dessous du niveau de l'eau du réservoir inférieur, pour augmenter la hauteur de la chute; si ce moyen est judicieusement appliqué, il produit le meilleur effet, en permettant d'agrandir le diamètre de la roue; et, quoiqu'elle doive toujours tourner à cette profondeur de remous, son action est aussi parfaite, parce que l'eau coule du fond de la roue dans la direction de sa révolution.

### CONSTRUCTION DU COURSIER DE LA ROUE ET DU CANAL D'ALIMENTATION.

Le *coursier* de la roue doit être construit solidement en maçonnerie; et si les pierres sont rejointoyées avec du ciment romain, cela vaudra mieux que si elles l'étaient avec du mortier. Quand le terrain derrière la maçonnerie n'est pas très ferme, il faut le battre à coups de bélier, et le garnir de glaise pour empêcher la filtration de l'eau. Ceci s'applique surtout aux roues de côté, pour lesquelles l'eau de la pale est en général immédiatement derrière le parapet dans lequel la roue travaille; la pente de terrain conduisant du parapet au réservoir, pour que l'eau ne puisse échapper. Le mur de chute doit être posé sur un grillage portant sur pilotis, pour que l'eau ne puisse couler en dessous et miner les fondations du coursier de la roue. Les pierres de cet ouvrage doivent être taillées avec précision et placées avec soin; quand les murs latéraux sont terminés et l'axe de la roue établi dans ses supports, à l'aide d'une jauge, on trace la courbe et on construit le parapet qu'on unit en arc de cercle régulier. Les murs latéraux sont de même bien exactement polis à l'endroit où doivent passer les aubes ou palettes. Il est assez ordinaire de faire l'espace entre les murs latéraux de 5 centimètres plus étroit de chaque côté dans la partie circulaire, où les aubes agissent, que dans les autres parties.

Dans quelques anciens moulins, le parapet est en planches, mais cette construction est si peu durable qu'on ne peut la recommander.

Dans les moulins de construction moderne, le parapet est doublé d'une plaque de fonte; mais nous n'approuvons pas cette méthode, parce qu'il est presque impossible d'empêcher qu'il ne se forme quelques petites voies d'eau à travers la maçonnerie; et cette eau arrêtée par le fer, ne pouvant s'échapper, sa pression hydrostatique contre cet obstacle devient énorme, et finit par briser ou détacher la plaque. Le parapet serait beaucoup plus solide si l'on armait la surface de la plaque en fonte de fortes nervures encastrées dans la maçonnerie. Ce système aurait le double avantage de renforcer la plaque et de couper la communication à l'eau, qui ne pourrait plus agir en même temps sur des surfaces assez larges pour que la force et le poids de la plaque ne puissent lui résister. La pierre est sans contredit la matière la plus propre pour construire un parapet. Avec les roues en dessus, on peut diminuer considérablement la perte de l'eau qui coule hors des aubes à mesure qu'elles approchent du bas de la roue. Il suffit de pratiquer une case autour de la partie inférieure de la roue pour empêcher l'eau de s'échapper immédiatement, et la faire agir comme dans une roue de côté. Tant que cet appendice reste en bon état, et que la roue travaille avec précision, il produit un effet très sensible; mais on a souvent objecté contre ce perfectionnement, qu'un morceau de bois ou une pierre en tombant dans la roue pourrait déchirer une partie de sa jante et endommager l'aube; et encore, que la gelée, en faisant adhérer toutes les parties ensemble, peut empêcher le travail pendant tout le temps de sa durée. Toutefois, la dernière objection nous paraît peu importante, car l'eau n'est pas plus sujette à geler à cet endroit que dans les seaux ou dans le moyeu, et on peut s'en préserver par le même moyen, savoir: en tenant la roue toujours en mouvement: pour cela il suffit de laisser couler pendant la nuit un très petit courant d'eau. M. Smeaton a toujours employé ces sortes de cases circulaires avec succès; on doit les préférer à toute complication dans la forme des aubes.

*Canaux des moulins.* — Comme il est de la plus haute importance d'avoir une chute aussi haute qu'il est possible, le fond du canal qui conduit l'eau de la rivière doit avoir une pente très légère, car la hauteur de la chute diminue en proportion de l'augmentation de pente dans le canal. Il sera donc suffisant de donner à A B, fig. 100, une pente d'environ 25 millimètres pour 1000 mètres, en ayant attention de donner aux 250 premiers mètres une inclinaison de 12 à 13 millimètres, afin de donner au courant assez de vitesse pour que l'eau ne retourne pas à la rivière. La pente de la chute, représentée par l'angle G C R, pourrait être de 25 à 30; ou C R, qui est le rayon, pourrait être à G R, tangente de cet angle, comme 100 à 48, ou comme 25 est à 12; et puisque la surface de l'eau G B est inclinée depuis *a b* jusqu'en *ac*, avant d'arriver à la chute, il sera nécessaire de donner une courbure à la partie supérieure B C D de la chute, dans B D, pour que l'eau du fond coule parallèlement à l'eau de la tête du canal. A cet effet, prenez les points B D à environ 30 centimètres de distance de C, et élevez les perpendiculaires B E, D E; le point d'intersection E sera le centre duquel l'arc B D doit être décrit, le rayon étant d'environ 26 centimètres.

Pour que l'eau puisse agir avec plus de force sur les aubes de la roue W W,



il faut qu'elle prenne une direction horizontale  $H K$ , avec la même vitesse qu'elle aurait acquise, arrivée au point  $G$ ; mais en tombant de  $C$  à  $G$ , l'eau frappe contre la partie horizontale  $H G$ , et perd ainsi une grande partie de sa vitesse; il conviendra donc de la faire passer le long de  $F H$ , arc de cercle auquel  $D F$  et  $K H$  sont tangentes dans les points  $F H$ . Pour cela, faites  $G F$  et  $G H$  de  $0^m914$  chacun, et élevez les perpendiculaires  $H I$ ,  $F I$ , qui se couperont en  $I$  à la distance d'environ  $1^m448$  des points  $F$  et  $H$ , et le centre de l'arc  $F H$  sera déterminé. La distance  $H K$  que l'eau parcourt avant d'agir sur la roue ne peut être moindre de 60 à 90 centimètres, pour que les différentes parties du fluide puissent prendre la direction horizontale; mais si  $H K$  était beaucoup plus grand, la vitesse du courant d'eau diminuerait par son frottement au fond du canal. Pour qu'il ne se perde point d'eau entre le canal  $K H$  et les extrémités des aubes,  $K L$  doit avoir environ 76 millimètres, et l'extrémité  $o$  de l'aube  $no$  doit être au-dessous de ligne  $H K X$ , en laissant entre  $o$  et  $m$ , la place suffisante pour le jeu de la roue; ou bien,  $X L M$  pourrait être formé en arc de cercle comme  $K M$ , et concentrique à la roue. La ligne  $LMV$ , que M. Fabre appelle le canal d'arrivée, pourrait être prolongée de manière à soutenir l'eau aussi longtemps qu'elle peut agir sur les aubes, c'est-à-dire à peu près à 22 centimètres de distance de  $O P$ , ligne horizontale qui traverse  $O$ , point le plus bas de la chute; car si  $O L$  avaient beaucoup moins de 22 centimètres, l'eau ayant perdu la plus grande partie de sa force en poussant les aubes, s'accumulerait sous la roue et retarderait son mouvement. Par la même raison, un autre cours, nommé par M. Fabre canal de fuite, est lié avec  $L M V$  par la courbe  $V N$ , pour maintenir la vitesse que l'eau a conservée, et qui, sans cela, serait détruite par la chute perpendiculaire de l'eau de  $V$  à  $N$ . Le canal de fuite est représenté par  $V Z$ , incliné depuis le point  $O$ . Il peut avoir 80 mètres de longueur avec 25 millimètres de pente par 10 mètres. Le canal qui ramène l'eau à la rivière pourrait avoir une pente de 12 centimètres pour les 1000 premiers mètres, de 76 millimètres pour les seconds, et ainsi de suite, en diminuant graduellement la pente jusqu'à ce qu'elle se termine à la rivière. Si la rivière, quand elle se trouve enflée par les pluies, peut refouler l'eau en arrière sur la roue, il faut incliner davantage le canal pour éviter cet accident. Il est donc évident que pour établir un bon courant de moulin, on doit surtout porter une grande attention sur le nivellement.

## ÉTABLISSEMENT DES CANAUX ET DES DIGUES.

Les plus anciens moulins allaient avec des roues en dessous, placées dans le courant d'une rivière découverte, et au milieu de laquelle le bâtiment du moulin était construit sur pilotis. On a dû bientôt concevoir que la puissance du moulin serait grandement augmentée, si toute l'eau de la rivière était ramenée sous la roue, au moyen d'un obstacle placé en travers du courant, par lequel l'eau serait portée à la hauteur requise, et par l'addition d'un étang ou bassin pour la recevoir. Une écluse ou porte était également nécessaire pour en régler l'admission sur la roue, outre d'autres écluses pour décharger l'eau

dans les temps d'inondation ; car si dans les temps ordinaires, l'eau peut couler sans danger sur le sommet de la digue, en trop grande masse, elle pourra l'entraîner en la minant du pied et en la renversant ensuite dans l'excavation. Cet accident est assez fréquent pour les moulins ainsi placés. C'est l'évidence de ce danger qui a conduit à établir les moulins à eau à côté de la rivière, et à creuser un canal de la rivière au moulin pour amener l'eau à celui-ci, et un autre canal pour rendre l'eau du moulin à la rivière. La différence entre le niveau respectif de ces deux canaux constitue la chute qui fait travailler le moulin ; cette chute est entretenue par une digue qui traverse entièrement la rivière, mais sur laquelle l'eau peut couler, en cas d'inondation, sans affecter le moulin, parce que l'entrée de l'eau dans le canal qui l'alimente est réglée par des écluses et des murs latéraux.

On peut construire la digue dans un endroit large de la rivière, afin de ramasser assez d'eau pour avoir un grand réservoir, qu'on appelle l'étang du moulin ou la *tête de la pale*. Ce réservoir est utile, soit pour rassembler l'eau qui vient de la rivière pendant la nuit, pour la consommation du jour suivant, soit dans les cas où le moulin ne travaille pas continuellement, mais exige, lorsqu'il travaille, plus d'eau que le courant ordinaire de la rivière ne peut en fournir. Plus la surface de l'étang est grande, plus il produit d'effet, mais la profondeur ne peut compenser le défaut de surface, parce que, quand la surface baisse à mesure que l'eau s'épuise, la chute ou descente de l'eau, et conséquemment sa puissance, diminuent en proportion.

Une digue établie dans une grande rivière doit être solidement construite. On se sert assez souvent de charpente pour cet objet ; mais la maçonnerie est préférable. On doit prendre grand soin d'empêcher, par le moyen de pilotis enfoncés sous la digue, toute filtration de l'eau au-dessous, ce qui tendrait à miner insensiblement les fondations. Il est assez commun de placer la digue obliquement dans la rivière, afin que l'eau coule sur une plus grande longueur de muraille, et que ne s'élevant pas à une trop grande hauteur, l'eau des inondations puisse avoir son écoulement. Cependant cette pratique est sujette à des inconvénients ; car le courant d'eau qui coule sans cesse sur la digue, travaillant contre le rivage, toujours sur un seul point, doit à la longue l'épouser, si l'on n'y oppose des ouvrages très dispendieux. On obvie à cet inconvénient en formant la digue de deux portions qui se rencontrent suivant un angle dont le sommet avance dans le courant. De cette manière, les deux courants venant des deux parties opposées de la digue, se frappent mutuellement et usent leur force l'un contre l'autre, sans endommager aucune de ses deux parties. Une forme encore meilleure est un segment de cercle, dont la forme a l'avantage d'augmenter la force de l'ouvrage, car si les contreforts formés par les rives sont fermes, toute la digue devient semblable à une arche de pont, placée horizontalement. C'est cette forme que M. Smeaton emploie généralement. Le pied de la digue où l'eau coule doit être en pente régulière avec une courbure, afin de conduire l'eau également ; cette partie doit aussi être pavée en pierres ou plancheyée, pour empêcher l'eau de l'affouiller lorsque le courant est rapide.

Quand la chute est considérable, on peut la diviser en plusieurs digues ou écluses ; mais il faut avoir soin qu'en tombant de digue en digue, le courant ne frappe pas sur l'eau, parce qu'il y perdrait presque toute sa force. Rien

n'épuise davantage la force du courant le plus rapide que de tomber dans une autre masse d'eau, parce que sa puissance mécanique s'use à changer la forme de l'eau qu'il rencontre; au lieu que si le courant tombe sur de la pierre ou du bois, sa force n'est pas détruite, mais seulement réfléchie sur quelque autre partie du canal, et peut être étendue sur une surface assez grande pour n'offenser aucune partie d'une manière bien sensible. Cependant la force du courant finit toujours par user graduellement les rives, et oblige à des réparations continuelles, puisqu'il est démontré que toute la force de l'eau qui n'est pas emportée par la rapidité de sa course, après avoir passé la digue, est employée soit à changer la forme de l'eau, soit à miner les bords.

Les usines à filer le coton de MM. Strutt à Belper, en Derbyshire, sont construites sur une très grande échelle; elles sont les plus parfaites que nous ayons vues sous le rapport des digues et des autres ouvrages hydrauliques. Les moulins sont mis en mouvement par l'eau de la rivière de Derwent, qui est très sujette aux inondations. La grande digue est un demi-cercle de maçonnerie solide, ayant un étang au-dessous, dans lequel l'eau arrive. D'un côté de la digue sont trois écluses chacune de 6<sup>m</sup>094 de large; on les ouvre pendant les inondations pour laisser entrer l'eau par côté dans le même étang; de l'autre côté, est une écluse semblable, large de 6<sup>m</sup>704. L'eau est retenue dans l'étang le plus bas, par l'obstacle qu'elle rencontre en coulant sous les arches d'un pont; mais la principale chute se brise dans l'étang situé sous la grande digue demi-circulaire.

L'eau qu'on retire de la pale au-dessous de la digue, passe à travers trois écluses, chacune de 6<sup>m</sup>094 de large, et de là se distribue par divers canaux aux moulins qui sont construits à côté de la rivière, hors de la portée des inondations. Il y a six grandes roues d'eau; l'une d'elles, large de 12<sup>m</sup>188, a été citée plus haut pour sa construction ingénieuse: nous en avons également décrit deux autres larges de 4<sup>m</sup>57. Ce sont toutes des roues de côté. On voit dans les usines à fer de MM. Walker, à Rotherham en Yorkshire, d'excellents modèles d'ouvrages hydrauliques, ainsi que dans les usines de Carron, en Ecosse. *Encyclopédie de REES*, et *Ferguson*, édition de *Brewster*.

#### CANAL AVEC FLOTTEUR POUR RÉGLER LA SORTIE DE L'EAU.

Nous donnerons ici la description d'un canal et d'un réservoir inventés par Quayle, pour égaliser la quantité d'eau qui tombe sur les roues.

Pour qu'une roue puisse toujours être régulièrement fournie d'eau, et pour obvier ainsi aux inconvénients de la méthode ordinaire, qui est de faire couler l'eau par la partie inférieure du canal, on a imaginé de régler la quantité d'eau déchargée par un flotteur, et de la faire sortir par une espèce de trop-plein.

Fig. 99. Coupe du réservoir et du flotteur. A, entrée de l'eau; B, flotteur ayant une ouverture circulaire au centre, dans laquelle est suspendu un cylindre C, qui se meut dans la case E, plus bas que le fond du canal. Ce cy-

lindre est mis au fil de l'eau au fond du canal par un collier de cuir placé entre deux plaques, et vissé au fond.

Le cylindre est attaché au flotteur, de manière à le suivre quand il monte et quand il descend ; et l'eau y entre par l'ouverture pratiquée dans ses côtés ; de là, passant dans la boîte ou case E, elle monte et sort en G, d'où elle tombe sur la roue. Par ce moyen, on a toujours une quantité d'eau égale, que l'on peut augmenter ou diminuer à l'aide d'une petite crémaillère et d'un pignon attaché au cylindre, qui l'élève ou l'abaisse au-dessus ou au-dessous de la ligne d'eau du flotteur : en l'élevant jusqu'au sommet, on arrête l'eau tout à fait, ce qui remplit le même but que la vanne ordinaire. On tourne ce pignon au moyen de la manivelle H ; une roue à dents, placée à l'extrémité opposée de l'axe du pignon, l'empêche de descendre trop bas.

K et L sont deux tiges placées pour maintenir le mouvement du flotteur en montant et en descendant ; elles le traversent, et sont fixées à son sommet par les tasseaux des côtés.

M est une planche placée en travers du canal, et presque au fond, pour empêcher l'impulsion horizontale de l'eau de déranger les flotteurs.

Fig. 99\*. A, coupe transversale, montrant la manière d'attacher la crémaillère et le pignon. La première est intercalée dans une pièce de métal qui traverse le cylindre près du sommet. Pour que l'eau passe plus facilement quand elle est presque épuisée, le fond du cylindre, au lieu d'être plan, est coupé de manière à admettre deux patins comme C C, fig. 99. Le flotteur est également soutenu au-dessus du fond du canal par quatre petits patins, en sorte que l'eau arrive en dessous régulièrement.

Fig. 99\*. Vue du cylindre plus en grand, où l'on voit la crémaillère et la roue à dents, avec le dé clic et une des ouvertures du cylindre. La manivelle est de l'autre côté, et le pignon qui fait monter la crémaillère est placé entre eux.

#### CANAL EMPLOYÉ PAR M. SMEATON POUR CONDUIRE L'EAU SUR LES ROUES.

Fig. 93\*. G, bêche qui amène l'eau ; F F, fortes solives croisées sur lesquelles la bêche est appuyée. La roue est placée très près, au-dessous du fond de la bêche, comme on le voit dans la figure. E E sont deux bras de la roue, assemblés, comme le montre la fig. 110. B, D, cercles de bois de la roue ; le cercle étroit est la coupe de la roue ; les augets sont attachés à l'extérieur de ce cercle, ainsi que la figure le représente. Une des planches *b* qui forment le fond de la bêche est inclinée, et laisse une ouverture pour le passage de l'eau : cette ouverture est fermée par la porte à coulisse *c*, qui s'adapte au fond de la bêche, et se meut en avant et en arrière au moyen de la tige et du levier *e*, fixé dans un axe *f*, lequel porte un long levier à son extrémité. Ce levier, étant mis en jeu par le meunier, fait glisser cette espèce de trappe le long du fond de la bêche, et augmente ou diminue à volonté l'ouverture par où l'eau sort. L'extrémité du bord de la porte est taillée en biseau pour répondre à la partie inclinée *b* : par ce moyen, elle offre à l'eau un passage

prismatique ; ce qui fait qu'elle se débite en filet régulier et uniforme. Pour contribuer encore à cet effet, les arêtes des ouvertures sont rendues plus aiguës au moyen de garnitures en fer ; la trappe est mise au fil de l'eau, à l'endroit où elle pose sur le fond de la bêche, avec du cuir, pour éviter le coulage quand elle est fermée. Si la roue est d'une largeur considérable, le poids de l'eau peut faire fléchir le milieu de la bêche jusqu'à toucher la roue ; on y remédie par une forte solive O, placée en travers de la bêche, laquelle y est suspendue par des chevilles de fer qui passent dans les rainures de la trappe, de manière à ne point gêner le mouvement.

En octobre 1812, M. Nouaille obtint un brevet d'invention pour un mode nouveau d'amener l'eau sur une roue en dessus ( voyez fig. 94 ) ; il le décrit ainsi : « Par mon nouveau procédé pour amener l'eau sur les roues, je fais commencer son action sur un point de la circonférence éloigné d'environ cinquante-trois degrés du point le plus haut de cette circonférence, au lieu de l'appliquer au sommet même, comme on l'a fait jusqu'à présent pour les roues en dessus. Par ce moyen je puis obtenir les avantages d'une grande roue, dans des situations où la chute d'eau ne pourrait en permettre qu'une petite, si l'eau était appliquée au sommet. Ainsi, dans le cas où l'on aurait une chute de 3<sup>m</sup>66, je pourrais admettre une roue de 4<sup>m</sup>57 de diamètre ; l'eau ne tombant sur elle que d'une hauteur de 3<sup>m</sup>66, la frapperait à 0<sup>m</sup>91 au-dessous du sommet, et à environ 53 degrés, mesurés sur sa circonférence, comme nous l'avons établi ci-dessus. La bêche qui fournit l'eau à la roue est d'une forme telle, qu'elle se décharge par le fond à travers la sole, et se dirige de manière à arriver sur les aubes presque dans la direction de l'angle de la roue, c'est-à-dire sous un angle de 75 degrés avec l'horizon. La porte-vanne glisse sur la sole de la bêche, de manière à couvrir l'ouverture et déterminer la quantité d'eau à distribuer sur la roue.

« La manière exacte de mettre ce principe en pratique est particulièrement expliquée par le dessin ci-joint, qui est la coupe verticale d'une roue d'eau faite d'après mon système. La ligne ponctuée AA représente le niveau de l'eau dans sa plus grande hauteur ; et B, le niveau de la queue d'eau : par conséquent AB est la chute totale et AC la profondeur de l'eau dans la bêche. Au lieu de faire, suivant l'usage, une roue d'un diamètre égal à BC, je fais la roue DEFG d'un quart plus grande que BC, et l'eau y arrive au point F. La sole C de la bêche CHL n'arrive pas jusqu'à son extrémité H, mais laisse un petit espace à travers lequel l'eau sort dans la direction de la ligne ponctuée II, pour se répandre sur les aubes de la roue. La longueur de cet espace est déterminée par la vanne K, qui pose à plat sur le fond de la bêche et glisse sur l'ouverture. Son mouvement est dirigé par le levier N que fait mouvoir une vis, un hastier, ou tout autre mécanisme, en M, et l'eau est ainsi versée sur les aubes en filet mince et régulier. »

La fig. 117 représente un procédé pour faire arriver l'eau sur ces sortes de roues, tel qu'il est en usage depuis quelques années dans le comté d'York et le nord de l'Angleterre. Par cette méthode, l'eau n'est pas dirigée sur le sommet de la roue, mais à peu près dans la position ci-dessus décrite. Le grand avantage de cette roue est que l'eau peut arriver à plus ou moins de hauteur, suivant la hauteur de l'eau dans la bêche.

Si l'eau est sujette à varier de hauteur, comme cela arrive à toutes les

rivières. il faut qu'une roue ordinaire soit d'un diamètre assez faible pour que dans les plus basses eaux il en reste dans la bêche une profondeur assez grande au-dessus de l'orifice du fond, pour qu'elle sorte avec une vitesse supérieure à celle du mouvement de la roue. Dans ce cas si l'eau monte à sa hauteur habituelle, ou au-dessus, l'accroissement de la chute est de peu d'avantage pour la roue ; tandis que la roue perfectionnée, ainsi qu'il vient d'être dit, peut en tout temps utiliser la plus haute chute d'eau, dût-elle varier de 75 centimètres ou 1 mètre.

A A, buse de fonte dont l'extrémité est formée d'un grillage de larges barres de fer plates, inclinées de manière à diriger l'eau, qui les traverse, sur les aubes de la roue. L'espace entre les barreaux est bouché par une pièce de cuir tendue au fond de la buse en *a*, et appliquée contre les barres sur lesquelles la pression de l'eau la tient serrée, ce qui empêche toute fuite. Cette pièce de cuir est la vraie porte ; et pour avoir le courant d'eau nécessaire à la roue, le côté supérieur du cuir est roulé sur un petit cylindre *b*, qui a des pivots à ses extrémités ; ces pivots sont reçus dans les bouts inférieurs de deux hastiers faits pour glisser de haut en bas, par l'action de deux pignons fixés sur l'axe commun qui s'étend à travers l'auge. Quand cet axe tourne, le cylindre monte ou descend ; la porte de cuir se roule dessus quand il descend, et se déroule quand il monte, de manière à laisser entre les barreaux plus ou moins d'espace libre, suivant le besoin. Pour que le cuir se place toujours bien droit sur le cylindre, et soit convenablement tendu, on attache une courroie aux deux bouts du cylindre au-delà de l'endroit qui reçoit le cuir. Ces courroies sont reportées au-dessus de l'eau, et appliquées sur des roues qui les tendent fortement, en les tournant par l'action d'un poids et d'une bande qui passe sur la circonférence d'une autre roue placée au bout de l'axe de celle-ci.

L'eau passe sur l'arête supérieure du cylindre, à travers les barreaux, et tombe sur les aubes de la roue : la descente de l'eau, quand elle traverse le grillage et quand elle tombe de là jusqu'au fond de l'aube, est suffisante pour lui donner la vitesse nécessaire ; car une chute de 10 centimètres produit une vitesse de 1<sup>m</sup>22 par seconde.

Nous indiquons cette méthode comme la meilleure pour amener l'eau ; d'autant que toutes les autres obligent à sacrifier une plus grande partie de la chute, pour faire tomber l'eau sur la roue ; non qu'il soit nécessaire de donner la profondeur que l'on donne ordinairement ; mais l'ouverture de la buse doit être placée assez bas pour que l'eau coule à travers, même dans les temps de basses eaux ; sans cette précaution, la roue cesserait de tourner en ces moments. *Cyclopædia de Rees, Repertory of arts*, 1813.

#### RÉGULATEUR D'ÉCLUSES, SERVANT A DISTRIBUER L'EAU RÉGULIÈREMENT SUR DES ROUES D'EAU DE TOUTES SORTES.

L'ingénieur M. Burns vient de construire, pour les moulins à coton de Cartside, le régulateur d'écluse représenté fig. 118, 119, 120 et 121 ; invention qui épargne, à ce qu'on a calculé, plus de 2,500 francs par année.

Le mouvement de la roue se transmet au moyen d'une corde, qui s'enroule

sur la poulie I à l'axe E F qui porte les balles G, H, fig. 118. Ce mouvement se communique à l'arbre T par les roues et pignons Q R S T; et la roue N, placée au bas de l'arbre, fait tourner les roues O, P, fig. 119 et 120, dans des directions opposées. Quand la roue à eau n'a qu'une vitesse convenable, les roues O, P se meuvent librement autour de l'axe, sans que le mouvement se transmette au-delà; mais quand la vitesse de la roue est trop grande, les balles G, H, séparées par l'augmentation de la force centrifuge, font monter la boîte *a* sur l'arbre E F. Une croix de fer *b c*, fig. 121, ajustée dans la boîte *a*, travaille dans les quatre dents de la fourchette *e b c*, fig. 119, placée au bout du levier *d q f e*, qui se meut horizontalement autour de *f*, son centre de mouvement. Quand la boîte *a* est stationnaire, ce qui arrive dès que la roue a la vitesse convenable, la croix de fer joue dans deux des dents de la fourchette, de manière à affecter le levier *a f c*, pour permettre au crampon *q q* fixé au bout du levier de se dégager des roues. Quand la croix *b c* monte, elle frappe la dent 3, en tournant autour (v. fig. 121); cette dent pousse de côté le levier *e f a* et jette le crampon *q* dans la roue P, fig. 119, 120; ce qui la fait tourner autour de l'arbre D C dans une certaine direction. Au contraire, quand la croix *b c* s'abaisse par quelque diminution dans la vitesse de la roue, elle frappe la dent 4 qui pousse de côté le levier *e f d*, et jette le crampon *q* dans la roue O, qui fait tourner l'arbre dans la direction opposée. L'arbre D C étant ainsi mis en mouvement, pousse, par le moyen du pignon C et de la roue B, l'arbre incliné B W, qui, au moyen d'une vis sans fin X, jouant dans le quart de cercle denté Z, lève ou baisse l'écluse K L, et laisse pénétrer plus ou moins d'eau suivant que l'arbre est mù par la roue P, ou par la roue O. Ce changement dans l'ouverture s'opère graduellement, à mesure que l'action des rouages a réduit le mouvement de la vanne.

Le centre autour duquel tourne la vanne doit être au tiers de sa hauteur à partir du fond, pour que la pression de l'eau sur la partie supérieure puisse contrebalancer la pression sur la partie inférieure.

#### RÈGLES DE M. FERGUSON POUR LA CONSTRUCTION DES ROUES EN DESSOUS.

Quand le mouvement des palettes d'une roue d'eau a le tiers de la vitesse du courant d'eau qui agit sur elles, l'eau a la plus grande puissance sur l'action du moulin, et l'on considère 60 tours par minute comme le nombre le plus convenable pour le travail d'une meule. Car, si elle ne fait que 40 ou 50 tours, elle moud trop lentement; et si elle en fait plus de 70, elle chauffe trop la farine et brise le son en si petites parties, qu'on a peine à en séparer la fleur. Conséquemment, la plus grande perfection d'un moulin consiste à ce qu'il soit construit de manière à ce que la meule fasse environ 60 tours par minute, quand la roue d'eau se meut avec le tiers de la vitesse du courant d'eau. Pour obtenir cet effet, il faut observer les règles suivantes.

1<sup>o</sup> Mesurez la hauteur de la chute de l'eau au dessus du milieu de l'ouverture par où elle sort, pour frapper les palettes dans le bas de la roue en dessous.

2<sup>o</sup> Multipliez le nombre fixe 19,6079 par la hauteur de la chute exprimée en mètres, et extrayez la racine carrée du produit, ce sera la vitesse de l'eau

au bas de la chute, ou le nombre de mètres que l'eau parcourt en une seconde.

3° Divisez la vitesse de l'eau par 3, et le quotient sera la vitesse par seconde des palettes de la roue, réduite en mètres.

4° Divisez la circonférence de la roue, exprimée en mètres, par la vitesse de ses palettes, et le quotient sera le nombre de secondes écoulé pendant un tour de la grande roue d'eau, sur l'axe de laquelle est fixée la roue dentée ou *rouet* qui fait tourner la lanterne.

5° Divisez 60 par le nombre de secondes qui s'écoulera pendant un tour de la roue dentée ou de la roue d'eau; et le quotient sera le nombre de tours de ces roues en une minute.

6° Divisez par ce nombre de tours le nombre 60, qui est le nombre de tours que doit faire la meule en une minute, et le quotient sera le nombre de tours que la meule doit faire pour un tour de la roue d'eau. Cherchez alors :

7° Ce que le nombre de tours demandé pour la meule dans une minute, est au nombre de tours de la roue d'eau pendant le même espace de temps; cette proportion vous donnera d'une manière très approximative le rapport entre le nombre des dents du rouet et le nombre des fuseaux de la lanterne sur l'axe de la meule. D'après ces règles on a fait la table suivante, dans laquelle le diamètre de la roue d'eau est supposé de 5<sup>m</sup>48 (conséquentment sa circonférence de 17<sup>m</sup>23), la distance de la meule étant de 1<sup>m</sup>32.

Hauteur de la chute d'eau.	Vitesse de l'eau par seconde.	Vitesse de la roue par seconde.	Nombre de tours de la roue par minute.	Nombre demandé des tours des meules pour chaque tour de la roue.	Nombre le plus approxima- tif de dents et de fuseaux.		Nombre de tours de la meule pour un tour de la roue par ces dents.	Nombre de tours de la meule par minute avec ces dents.
					dents.	fus.		
0 <sup>m</sup> 305	2 <sup>m</sup> 444	0 <sup>m</sup> 814	2,65	21,20	127	6	21,17	59,91
0 610	3 474	1 134	4,00	15,00	105	7	15,00	60,00
0 914	4 252	1 401	4,91	12,22	98	8	12,25	60,14
1 219	4 887	1 651	5,67	10,58	95	9	10,56	59,87
1 524	5 864	1 813	6,34	9,46	85	9	9,44	59,84
1 828	5 984	1 996	6,94	8,64	78	9	8,66	60,10
2 133	6 462	2 154	7,50	8,00	72	9	8,00	60,00
2 438	6 910	2 504	8,02	7,48	67	9	7,44	59,67
2 742	7 327	2 444	8,51	7,05	70	10	7,00	59,57
3 047	7 724	2 575	8,97	6,69	67	10	6,70	60,09
3 352	8 102	2 700	9,40	6,38	64	10	6,40	60,16
3 656	8 461	2 821	9,82	6,11	61	10	6,10	60,90
3 961	8 808	2 957	10,22	5,87	59	10	5,90	60,18
4 266	9 140	3 047	10,60	5,66	56	10	5,60	59,56
4 572	9 460	3 154	10,99	5,46	55	10	5,40	50,48
4 875	9 964	3 257	11,34	5,29	53	10	5,30	60,10
5 180	10 072	3 358	11,70	5,13	51	10	5,10	59,67
5 484	10 395	3 455	12,02	4,90	50	10	5,00	60,10
5 789	10 649	3 550	12,37	4,85	49	10	4,80	60,61
6 094	10 926	3 633	12,68	4,75	47	10	4,70	59,59
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>		<b>7</b>	<b>8</b>



*Exemple.* — Supposons qu'une roue de moulin de cette espèce soit construite dans une situation où la chute de l'eau est de  $2^m742$  ; on demande combien le rouet doit avoir de dents, et la lanterne de fuseaux, pour que la meule fasse 60 tours par minute, la roue marchant à une vitesse d'un tiers de celle de l'eau à l'ouverture, au bas de la chute par où elle est lancée sur la roue.

Prenez  $2^m742$  (hauteur de la chute) à la première colonne de la table ; ce qui répond à ce nombre à la sixième colonne est 70, pour le nombre des dents du rouet, et 10 pour le nombre des fuseaux de la lanterne : et par ces nombres, vous trouverez, à la huitième colonne, que la meule fera 59 tours  $\frac{17}{100}$  par minute, ce qui est 60 moins à peu près un demi-tour, ce qui suffit, le nombre de 60 sans fractions n'étant pas strictement nécessaire : dans toute la table on a toujours ce nombre de 60 à moins d'une unité près soit en plus, soit en moins.

Le diamètre de la roue étant de  $5^m484$  et la chute d'eau de  $2^m742$ , la seconde colonne montre que la vitesse de l'eau au bas de la chute est de  $7^m327$  par seconde ; la troisième colonne, que la vitesse des palettes est de  $2^m444$  par seconde ; la quatrième colonne, que la roue fait 8 tours  $\frac{31}{100}$  par minute ; et la sixième colonne que si la meule faisait exactement 60 tours par minute, elle ferait 7 tours  $\frac{5}{100}$  ou 7 tours et un  $20^e$  de tour, pour un tour de la roue.

Le docteur Brewster, dans l'excellent appendice, qu'il a joint à son édition des œuvres de Ferguson, dit que les principes d'après lesquels cette table a été calculée sont erronés ; mais ce qui l'avait conduit à cette assertion c'est qu'il avait adopté, avec Desaguliers et Maclaurin, la doctrine de Parent, que M. Smeaton a prouvée depuis être inexacte, par des expériences répétées.

Le nombre fixe de 19,6079, adopté par Ferguson pour trouver la vitesse de l'eau depuis la hauteur de la chute, paraît également erroné. Car, d'après des expériences faites récemment par M. Whitehurst sur les pendules, on a trouvé qu'un corps pesant tombe de  $5^m1419$  par seconde ; le nombre fixe devrait donc être  $19^m614$ .

Le docteur Brewster prétend donc que dans la table de Ferguson la vitesse de la meule est trop petite ; et M. Imison, pour corriger cette erreur, a fait cette vitesse trop grande. D'après cela, la *table des constructeurs de moulins*, telle qu'elle a été publiée jusqu'ici, est fondamentalement erronée, et plus propre à égarer qu'à bien diriger le mécanicien pratique. En procédant d'après les conclusions pratiques de Smeaton, confirmées par la théorie, et en employant un nombre fixe plus exact et une vitesse plus convenable pour la meule, nous pouvons faire une nouvelle table sur les principes suivants.

1° Trouvez la hauteur perpendiculaire de la chute d'eau au-dessus du fond du cours d'eau du moulin en K (fig. 100) ; et après avoir diminué ce nombre de la moitié de la profondeur naturelle de l'eau en K, appelez ce nombre, hauteur de la chute.

2° Puisque les corps prennent une vitesse de  $10^m2838$  par seconde, en tombant à travers un espace de  $5^m1419$ , et puisque la vitesse des corps tombants est comme la racine carrée de la hauteur qu'ils traversent dans leur chute, la racine carrée de  $5^m1419$  sera à la racine carrée de la hauteur de la chute, comme  $10^m2838$  est à un quatrième nombre qui sera la vitesse de l'eau. Ainsi, l'on peut toujours trouver la vitesse de l'eau en multipliant  $10^m2838$  par la racine carrée de la hauteur de la chute, et en divisant ce produit par

la racine carrée de  $5^m1419$ . On peut la trouver encore d'une manière plus facile, en multipliant la hauteur de la chute par le nombre fixe  $19^m62614$ , et en faisant l'extraction de la racine carrée du produit, ce qui, abstraction faite des effets du frottement, sera la vitesse demandée pour l'eau.

3° Prenez *une moitié* de la vitesse de l'eau, et vous aurez la vitesse que doivent avoir les palettes, ou le nombre de mètres qu'elles doivent parcourir en une seconde, pour produire le plus grand effet ;

4° Divisez la circonférence de la roue par la vitesse de ses palettes par seconde, le quotient sera le nombre de secondes que la roue emploie à faire un tour.

5° Divisez 60 par ce dernier nombre, et le quotient sera le nombre des révolutions que la roue accomplit en une minute. On trouve aussi ce nombre de révolutions de la roue pendant une minute, en multipliant la vitesse des palettes par 60, et en divisant le produit par la circonférence de la roue qui est dans le cas présent  $14^m36$ .

6° Divisez 90 (nombre de révolutions que peut accomplir une meule de  $1^m52$  de diamètre en une minute) par le nombre de révolutions faites par la roue en une minute, et le quotient sera le nombre de tours que la meule doit faire pendant une révolution de la roue.

7° Ce que le nombre de révolutions de la roue pendant une minute est au nombre de révolutions de la meule pendant le même temps, le nombre de fuseaux de la lanterne devra l'être au nombre de dents de la roue ; et plus on se rapprochera de cette proportion, mieux on fera.

8° Multipliez le nombre de révolutions faites par une roue en une minute par le nombre de révolutions faites par la meule pour une seule révolution des roues, et le produit sera le nombre de révolutions faites par la meule en une minute.

La table suivante a été calculée d'après ces principes, pour une roue d'eau de  $4^m57$  de diamètre, ce qui forme une bonne dimension moyenne ; la meule a  $1^m52$  de diamètre, et fait 90 tours par minute.

TABLE DU DOCTEUR BREWSTER,

A L'USAGE DU CONSTRUCTEUR DE MOULINS,

Dans laquelle la vitesse de la roue est les  $\frac{3}{4}$  de la vitesse de l'eau, et les effets du frottement sur la vitesse du courant sont calculés.

Hauteur de la chute d'eau.	Vitesse de l'eau par seconde, frottement compris.	Vitesse de la roue par minute, estimée les $\frac{3}{4}$ de celle de l'eau.	Révolutions de la roue par seconde avec un diamètre de	Révolutions de la meule pendant une seconde de la roue.	Dents du rouet et fuseaux des lanternes.		Révolutions des meules par minute, à l'aide de ces fuseaux et dents.
			m57.	révol.	dents.	fuseaux.	révol.
0m305	2m32	0m997	révol.	21,63	130	6	89,08
0 610	3 28	1 409	4,16	15,31	92	6	90,02
0 914	4 03	1 726	5,88	12,50	100	8	90,00
1 219	4 65	1 992	7,20	10,81	97	9	89,94
1 524	5 20	2 226	8,32	9,70	97	10	90,02
1 828	5 69	2 440	9,28	8,83	97	11	89,98
2 133	6 15	2 635	10,19	10,99	90	11	90,01
2 438	6 58	2 818	10,99	8,19	84	11	89,96
2 742	6 97	2 989	11,76	7,65	72	10	90,03
3 047	7 35	3 151	12,47	7,22	82	12	89,95
3 352	7 71	3 293	13,15	6,84	85	13	90,05
3 656	8 05	3 450	13,79	6,53	72	12	90,00
3 961	8 38	3 590	14,40	6,26	72	12	89,94
4 266	8 69	3 727	14,99	6,00	75	13	89,94
4 570	9 00	3 858	15,56	5,78	67	12	90,01
4 875	9 30	3 983	16,13	5,58	65	12	89,97
5 180	9 58	4 105	16,63	5,41	63	12	89,99
5 484	9 86	4 227	17,14	5,25	61	12	90,01
5 789	10 13	4 343	17,65	5,10	04	13	89,92
6 094	10 42	4 465	18,18	4,96	68	12	89,84
			18,64	4,83			
1	2	3	4	5	6	7	

TRAITÉS SUR LE MÉCANISME DES MOULINS.

Künsliche, abriß Allerhand, Wasser, Wind-ross, und Handmühlen, etc., von Jacob. de Strada a Rosberg, 1617.

Georg. Christoph Luerner Machina toreutica nova; oder beschreibung der neu erfundenen Drehmühlen, 1661.

Theatrum Machinarum Novum; das ist, neu vermehrte Schauptatz der Mechanischen Künste, handelt von Allerhand, Wasser, Wind, Ross, Gewicht und Hand mühlen, von Geo. And. Bocklern, 1661.

Contenta discursus Mechanici, concernentis Descriptionem Optimæ formæ Velorum horizontalium prouusu Molarum, nec non fundamentum inclinatum Velorum in Navibus, habita coram Societate Regia, a R. H. translata ex Collectionibus Philosophicis. M. Dec. num. 5, pa. 61, 1681.

Dissertatio Historica de Molis, quam præside Joh. Phil. Treuer defend. Jo. Tob. Mühlberger. Ratisbonens Jenæ, 1695.

Martin Marten's Wiskundige beschouwinge der Wind of Watermoolens, vergeleken met die van den heer Johann Lulofs Amsterdam, 1700.

Vollständige Mühlen-baukunst, von Leonhard Christoph. Sturm, 1718.

Jacob Leopold's Theatrum Machinarum Molinarum, folio, 1724, 1725.

Remarques sur les aubes ou palettes des moulins, et autres machines mues par le courant des rivières; par M. Pitot, Mém. Acad. Roy. Paris, 1729.

Joh. van Zyl Theatrum Machinarum Universale of Groot Algemeen Moolenboek, etc., Amsterdam, 1734.

Jo. Caral. Totens Dissert. de Machinis Molaribus optime construendis, Lugd. Batav. 1754.

Kurze, aber Deutliche anweisung zur construction der Wind und Wassermuhlen, von Gottfr. Kinderling, 1755.

Desagulier's Experimental Philosophy, 2 vol. in-4<sup>o</sup>, 1755, 1744.

Architecture hydraulique, par M. Belidor, 4 vol. in-4<sup>o</sup>, 1757-1755.

Mr W. Anderson, F. R. S. Description of a Water-wheel for Mills. Phil. Trans. vol. 44, 1746. Leonh. Euleri, De Constructione aptissima Molarum alatarum disp. Nov. Com. Acad. Petrop. tom. 4, 1752.

Mémoire dans lequel on démontre que l'eau d'une chute, destinée à faire mouvoir quelque moulin ou autre machine, peut toujours produire beaucoup plus d'effet en agissant par son poids qu'en agissant par son choc, et que les roues à pots qui tournent vite, relativement aux chutes et aux dépenses d'eau, par M. de Parcieux, Acad. Roy. Paris, 1754.

Jo. Alberti Euleri Enodatio Quæstionis: quo modo vis Aquæ aliisque fluidi cum maximo lucro ad Molas circumagendas, aliave opera perficienda impendi possit, præmio à Societate Regia Sci. Gotting. 1754.

An experimental Inquiry concerning the Natural Powers of Wind and Water to turn Mills and other Machines depending on circular Motion, by Mr J. Smeaton, F. R. S. Phil. Trans. 1757.

This, and Mr Smeaton's other papers are republished with his Reports, 1815, in-4<sup>o</sup>.

Mémoire dans lequel on prouve que les aubes de roues mues par les courants de grandes rivières feraient beaucoup plus d'effet si elles étaient inclinées aux rayons, qu'elles ne font étant appliquées contre les rayons mêmes, comme elles sont aux moulins pendants et aux moulins sur bateaux qui sont sur les rivières de Seine, de Marne, de Loire, etc.; par M. de Parcieux. Mém. Acad. Roy. Paris, 1759.

Joh. Albert Euler's Abhandlung von der bewegung ebener Flächen, wen sie vom Winde Getrieben Werden, 1765.

Schauplatz der Mechanischen Mühlenbaues, Darinnen von Verschiedenen Hand, Trett, Ross, Gewicht, Wasser, und Wind-mühlen Gehandelt Wird, durch Johan Georg. Scopp. J. C. iler Theil, 1766.

Theatrum Machinarum Molarium, oder schauplatz der Mühlenbaukunst, als der Neunte theil von der sel hrn Jac. Leopolds, Theatro Machinarum, von Joh. Mathias Beyern, 1767, 1788, 1802.

A Memoir concerning the most advantageous Construction of Water-wheels, etc., by Mr Mallet of Geneva, Phil. Trans. 1767.

Mémoire sur les Roues hydrauliques, par M. le chevalier de Borda, Mém. Acad. Roy. Paris, 1767.

Kurzer unterricht, allerley arten von Wind und Wassermuhlen auf die vortheilhafteste weise zu erbauen, nebst einigen gedanken über die verbesserung des raderwerks, an den Mühlen, von Joh. Kœnig, 1767.

G. G. Bischoff's Beytrage zur Mathesis der Mühlen, 1767.

Détermination générale de l'effet des roues mues par le choc de l'eau; par M, l'abbé Bossut. Mém. Acad. Roy. Paris, 1769.

Andreas Kaovenhofer, Deutliche abhandlung von den radern der Wassermühlen, und von dem einrandigen werke der Schneidemühlen, 1770.

Manuel du Meunier et du Charpentier des Moulins, rédigé par Edm. Bequillet, 1775.

Remarques sur les Moulins et autres Machines où l'eau tombe en dessus de la roue; par M. Lambert.

Expériences et Remarques sur les Moulins que l'eau meut par en bas dans une direction horizontale; par M. Lambert.

Remarques sur les Moulins et autres machines dont les roues prennent l'eau à une certaine hauteur; par M. Lambert.

(Les trois derniers articles sont insérés dans les Mémoires de l'Acad. Roy. de Berlin, 1775.)

Ausführliche erklärung der Vorschläge für die Längere dauer de Mühlenwerk, nebst ähnlichen gegenstande, in ein gesprach verfasst, von Johann Christian Fullmann Mühlenmeister, 1780.

Tratado de los Granos y Modo de Moleros con Economia y de la Conservacion de Astos y de las Harinas; escr. en Fr. par M. Bequillet y extract. y trad. al Cast. con algun Notas y un Supplem. por Ph. Marescaulchi, Madrid, 1786.

Suite de l'architecture hydraulique; par M. Fabre, 1786.

Mémoires sur les moyens de perfectionner les moulins, et la mouture économique; par C. Bucquet, 1786.

Manuel ou Vocabulaire des moulins à Pot, à Amst., 1786.

Die Nothigsten Kenntnisse zur Anlegung, Beurtheilung, und Berechnung der Wasser-mühlen, and zwar der Mahl, Oehl, und Sage-Mühlen, für Anfänger und Liebhaber der Mühlenbaukunst, von Joh. Christ. Huth, 1787.

An Essay proving Iron far superior to Stone of any kind for breaking and grinding of Corn, etc., by W. Walton, 1788.

Mühlenpraktik, oder unterricht in dem Mühlen der Brodrüchte, für Polizeybeamte, Gaverksleute und Hauswirth, von L. Ph. Hahn, 1790.

The Young Mill-wright and Miller's Guide, by Oliver Evans, Philadelphia, 1790.

Manuel du Meunier et du Constructeur des Moulins à eau et à grains; par C. Bucquet, 1791.

Praktische auweisung zweier Maschinen zur Reinigung der Korns, von Lr. Clausen, 1792.

Instruction sur l'usage des Moulins à bras, inventés et perfectionnés par les citoyens Durand père et fils, mécaniciens, 1793.

Theoretisch-praktische abhandlung über die Besserung der Mühräder, von dem Verfasser der Zweckmassigen, Luftreiniger, etc. 1795.

A Treatise on Mills, in four parts, by John Banks, 1795.

Handbuck der Maschinenlehre, sur prakiker und akademische lehrer, von Karl Christian Langsdorf, 1797, 1799.

On the Power of Machines; including Barker's Mill, Westgarth's Engine, Cooper's Mill, Horizontal Water-wheel, etc., by Jhon Banks, 1803.

The Experienced Mill-wright, by Andrew Gray, Millwright, 1804.

The Transactions of the Society of Arts and Manufactures; several of the volumes of which contain improvements in Millwork.

See also the Repertory of Arts, first series 16 vol. and second serie 31 vol.

Hachette, Traité Elémentaire des Machines, in-4. Paris, 1811.

Buchanan's Essay on Mill-work, 1811, 8 vol.

## MOULINS A VENT.

Les moulins à vent tirent leur nom de leur moteur. On ignore l'époque précise de leur invention, mais tous les auteurs s'accordent à la faire remonter à des temps très reculés; les uns prétendent qu'on en voyait en France dès le sixième siècle; d'autres affirment que pendant les croisades ils furent introduits en Europe, de l'Orient où la rareté de l'eau les rendait plus nécessaires que dans nos climats.

Les moulins à vent sont de deux espèces: le moulin vertical, et le moulin horizontal.

## MOULIN A VENT VERTICAL.

Ce moulin se compose d'un arbre ou axe très fort, légèrement incliné vers le haut, avec quatre longues tiges ou bras fixés à l'extrémité supérieure, perpendiculaires à l'arbre et se croisant l'un l'autre à angles droits. Plusieurs barres croisées plus petites sont attachées à ces bras par des mortaises, et portent deux, trois ou quatre longues barres parallèles à la longueur des bras, de sorte que toutes les barres en se croisant forment une sorte de treillage sur lequel une toile est tendue pour recevoir l'impulsion du vent. On la nomme *voile*, et on lui donne la forme d'un trapèze généralement, de 2<sup>m</sup>75 de long sur 0<sup>m</sup>61 de large.

Comme la direction du vent est fort incertaine, et varie sans cesse, il fallait trouver un moyen de placer l'arbre et les voiles dans la position convenable pour recevoir l'impulsion de ce moteur. On a deux manières d'atteindre ce but: la première est employée dans les moulins dits moulins à poteau; la seconde constitue le moulin à voile latine.

## MOULIN A POTEAU.

Ce moulin est disposé de manière à prendre le vent au moyen d'un arbre enfoncé perpendiculairement en terre, et tenu bien droit debout, par plusieurs crampons obliques partant d'un plan sur le sol, et arrivant au milieu de l'arbre, en laissant à sa partie supérieure l'espace de 3<sup>m</sup> 35 à 3<sup>m</sup> 66 de libres. Cette partie, dégagée de toute charge, est arrondie et ajustée pour passer dans un collier établi dans le plancher de la chambre la plus basse du moulin, et entrer ensuite dans une douille fixée dans le plancher de la chambre au-dessus, à l'une des solives les plus fortes de celles qui doivent soutenir tout le poids du bâtiment; de sorte que par le moyen d'un pivot, fixé sur la partie du poteau qui entre dans la douille, la totalité de la machine tourne horizontalement pour faire face au vent. Une forte charpente assemblée par des joints sur le derrière du moulin descend en pente jusqu'au sol; le pied de cette

charpente est très lourd, et tient par des cordages à de courts piquets plantés en cercle à des intervalles égaux autour du moulin, pour l'empêcher de tourner à chaque coup de vent. Cette pièce de charpente est munie de degrés qui servent d'échelle pour monter ou descendre. Une corde attachée au bas s'élève obliquement jusqu'au sommet du moulin, où par un levier ou par des poulies on peut la raccourcir de manière à élever la charpente au-dessus du sol; en la poussant en manière de levier, on peut faire tourner le moulin dans toutes les directions demandées. Souvent, pour augmenter la puissance, on se sert d'un petit cabestan sur lequel s'enroule une corde attachée au bout de l'échelle. Ce cabestan est mobile, et peut être fixé à l'un ou l'autre des piquets, à volonté.

On voit le mécanisme intérieur de ce moulin, fig. 123. *WXY*, chambre supérieure; *XYZ*, chambre inférieure; *AB*, grand arbre ou axe, avec la roue dentée *G*, tournant autour, suivant le sens indiqué par l'ordre des lettres qui indiquent les voiles *CDEF*, et communiquant le mouvement à la lanterne *II*, et à sa fusée *JK*. *LM* est un plancher qui soutient cette fusée, et *N* et *OP* sont les solives qui supportent le plancher. La meule supérieure *G*, la seule qui se meuve, est fixée sur la fusée *JK*, par une pièce de fer nommée *rynd*, ajustée dans la partie la plus basse de la meule. La meule inférieure *R* est un peu plus grande que l'autre. On met le blé dans la trémie *S*, et de là il coule le long de l'auget *T*; la fusée *JK* étant carrée, donne, en tournant, des secousses à l'auget *T*, et fait tomber ainsi le blé par le trou *V*, entre les pierres où il est moulu; de là la farine passe dans l'entonnoir *ab*, et elle se dépose enfin dans le coffre *c*: *de* est une corde qui passe autour de la cheville *d*, et sert à amener l'auget *T* plus près ou plus loin de la fusée *JK*, pour faire tomber le blé plus ou moins vite, suivant la force du vent; *fg* et *hi* sont des leviers dont les centres de mouvement sont *f* et *m*; *inp* est une corde tournant autour des poulies *l* et *n*, pour soulever et faire tourner la meule *G*. Lorsque l'on baisse l'extrémité *i* du levier *ih*, *fg* s'élève, et élève à son tour la tige verticale *NO*, laquelle fait monter la solive transversale *OP*, et celle-ci soulève le plancher *LM*, la fusée *JK*, et la meule supérieure *G*; par ce moyen les deux meules peuvent être mises à la distance convenable l'une de l'autre. Le blé est monté au sommet du moulin par une corde roulée autour de l'axe *AB*; *qr* est une échelle conduisant au haut du moulin. Un cercle de bois flexible, fixé d'un côté *s*, tient de l'autre au levier *tv*, qui se meut vers *w*; quand on le baisse, le mouvement du moulin s'arrête. Quand le vent est fort, les voiles ne sont ouvertes qu'en partie ou d'un seul côté; quelquefois on ne développe que la moitié des deux voiles opposées. Le même arbre peut porter une autre roue dentée, fixée à l'autre extrémité de l'arbre *AB*, avec une lanterne et une paire de meules semblables à celles ci-dessus décrites; par ce moyen, le même arbre peut faire tourner deux paires de meules en même temps; et quand on n'en veut faire travailler qu'une seule, on enlève à l'autre la lanterne *H* et la fusée *JK*.

#### MOULIN A VOILE LATINE.

L'autre méthode pour placer l'arbre tournant et les voiles de manière à

recevoir l'impulsion du vent, se pratique dans le moulin à voile latine; sa construction plus dispendieuse présente des avantages incontestables, en ce qu'on peut le faire de la dimension que l'on veut. Ce moulin est en forme de tournelle, portant au sommet un cercle de bois dans lequel est une rainure pourvue d'un certain nombre de galets en cuivre, fixés à égale distance l'un de l'autre par leur axe qui entre dans le cercle. Dans cette rainure, on place la charpente de la partie supérieure ou mobile du moulin, qui est appelée la tête; une force très légère suffit pour la faire tourner de manière à ce que les voiles puissent prendre le vent. La tête est fort ingénieusement formée pour tourner d'elle-même, quand le vent change, au moyen d'une petite paire de voiles ou éventails attachée dans une charpente qui se projette derrière la tête.

Fig. 121. A, éventail ayant sur son axe un pignon de 10 feuilles *b*, qui met en mouvement une roue dentée de 60 dents *c*; son axe *d* est un pignon de 12 dents à l'extrémité inférieure *e*, faisant tourner une roue à coude de 72 dents *f*, et une tige verticale *g*, portant un pignon de 11 dents *h*, qui joue dans un cercle de 120 dents. Ainsi donc, quand le vent change, il agit obliquement sur les vanes de l'éventail et le fait tourner, ce qui, donnant une impulsion à la totalité des mécaniques liées ensemble, amène doucement le grand arbre à la position où il doit être pour avoir le vent en face. Cette opération s'exécute ainsi : les éventails ayant reçu l'action du vent, tournent, et le pignon *b* à 10 feuilles qui est sur leur axe, met en mouvement la roue dentée *c* de 60 dents, fixée sur un axe incliné à son extrémité inférieure *a*; le pignon de 12 feuilles *e* agissant sur la roue à beveau, de 72 dents *f*, fixée sur un axe de fer vertical, fait mouvoir le pignon de 11 dents *h*, qui joue dans le cercle de 120 dents. A, B sont deux des voiles (les deux autres placées du côté opposé ne pouvant être vues) fixées à un axe de fer C D, sur une croix de fer placée à l'un des bouts de cet arbre. Sur le même arbre est la roue dentée E, agissant sur la lanterne F, attachée sur un arbre vertical qui traverse le moulin du haut en bas, et porte à son extrémité inférieure sur la grande roue *i i*. Celle-ci met en mouvement les deux pignons opposés K K, lesquels font tourner les fusées et les meules G H. Une autre roue, fixée sur l'axe principal en J, sert à mettre en jeu le pignon du cylindre horizontal *m*, sur lequel s'enroule une corde qui monte les sacs de blé de la partie inférieure du moulin, où ils sont emmagasinés. La même roue J fait tourner un autre axe horizontal, portant plusieurs roues, pour recevoir les cordes sans fin qui font tourner les machines à bluter et à préparer. Une paire de poids ou régulateurs, attachée à la fusée de la meule, règle la vitesse du mouvement du moulin. On voit fig. 125 la manière d'appliquer ces régulateurs. *l* est une fusée sur laquelle est fixé le pignon K, engrenant avec la grande roue portée par l'arbre vertical; l'extrémité inférieure de la fusée entre dans le carré formé sur le haut de l'axe de la meule, en *m*; immédiatement au-dessous du pignon deux tiges de fer se joignent en s'inclinant par le bas, et chacune d'elles porte une lourde boule de fer O O à son extrémité; deux chaînons sont attachés à ces tiges en *ff*, et soutiennent un collier fait pour glisser de haut en bas sur la fusée L; ce collier repose au moyen d'une fourchette sur une romaine horizontale fixée au point d'appui *q*; *r* est une tige de fer fixée tout à fait à l'extrémité de la romaine, et portant à sa partie inférieure un crochet qui la relie au levier *s*, dont le point d'appui est *t*; ce levier, par le moyen d'une tige de fer, soutient une ex-



trémité du plancher sur laquelle repose le pivot inférieur de la meule, l'autre extrémité portant sur un point fixe.

Toutes les fois que le moulin gagne de la vitesse, les boules de fer, cédant à la force centrifuge, montent et font monter le collier qui, agissant sur les parties liées avec lui, fait descendre la meule supérieure plus près de l'inférieure, et augmente ainsi le frottement ou la résistance, à un degré suffisant pour contrebalancer l'accroissement de la force du vent. Au contraire, si le vent diminue, les boules retombent l'une vers l'autre et laissent descendre le collier; ce qui fait remonter la meule supérieure, et, produisant une plus grande séparation entre elle et la meule inférieure, donne au moulin plus de vitesse. A cet effet on suspend à la romaine le poids  $v$ , qui est suffisant pour élever la meule quand la descente du collier permet de le faire. On pratique plusieurs entailles sur la romaine pour faire varier les positions respectives du point d'appui et de la tige  $r$ , et régler plus facilement le mouvement des machines. Par exemple, quand le vent devient plus fort et que le moulin va plus lentement qu'on ne s'y attendait, cela prouve que le mouvement a été réglé à un point trop haut; on y remédie en augmentant l'ascension des boules, par la réduction de la distance entre le point d'appui  $q$  et la tige  $r$ , et en changeant leur position respective au moyen des crans. D'autre part, si la vitesse du moulin augmente avec la force du vent, c'est que le mouvement de la machine est réglé trop bas, et qu'il faut augmenter la distance entre le point d'appui  $q$  et la tige  $r$ . Il arrive quelquefois que les crans sont insuffisants; et dans ce cas, il faut augmenter ou diminuer la longueur agissante du levier  $s$   $t$ , en mettant le point d'appui plus ou moins près de la tige de suspension  $v$ .

On voit, fig. 126, la construction de l'axe horizontal qui porte les ailes. C'est une tige de fer octogone, ayant deux gorges cylindriques  $e$  et  $d$  à l'endroit où elle pose sur ses supports. A son extrémité est une sorte de boîte avec des mortaises  $e$  et  $f$  qui la traversent dans toutes les directions pour recevoir les ailes. Au dos d'une de ces mortaises et sur le devant d'une autre, un bras, qui se projette dans la boîte, porte des vis et des écrous pour fixer les ailes.

Les voiles s'accrochent à chaque bras, au moyen d'une corde qui part de l'extrémité d'un piquet fiché au bout de l'axe de fer. Elles sont formées d'une toile à voile, tendue sur un treillage, semblable à celui que nous avons décrit à l'article du moulin à poteau. Le plan de ce treillage est incliné au plan du mouvement de la voile à un angle tel que le vent, en soufflant dans la direction de l'axe, puisse agir sur les voiles comme plans inclinés et les faire tourner avec une puissance proportionnée à leur dimension et à sa force. La roue dentée est attachée à l'axe par des chevilles qui fixent ses bras contre l'appui marqué C. Les meules sont semblables à celles qui ont été décrites à l'article Moulin à farine.

Parent, Euler et d'autres géomètres ont beaucoup écrit sur la nature et la construction des moulins à vent; mais comme nous regardons les expériences et les recherches faites par notre compatriote Smeaton comme supérieures, sous le point de vue pratique, à tout ce qui a été dit précédemment sur ce sujet, nous nous bornerons à donner ici son opinion sur la forme, la grandeur et la position des voiles.

Il paraît, d'après les expériences de M. Smeaton, que les voiles établies à

l'angle de 55 degrés avec l'axe, méthode regardée comme la meilleure par M. Peut et les autres, sont les plus désavantageuses de toutes.

En faisant l'angle de la voile avec l'axe de 72 à 75 degrés on obtient un accroissement de puissance dans la proportion de 31 à 45, et l'on trouve dans la pratique que c'est l'angle le plus ordinairement mis en usage, quand la surface des voiles est plane.

S'il ne fallait simplement que faire passer le moulin d'un état de repos à un état de mouvement, ou empêcher que d'un état de mouvement il ne passât à un état de repos, la position que recommande Parent pourrait être la meilleure; mais si les voiles sont destinées à prendre des directions données pour produire le plus grand effet possible dans un temps déterminé, cette position doit être rejetée; et si l'on fait usage de surfaces planes, il faut borner l'angle aux limites de 72 à 75 degrés avec l'axe.

La différence d'un ou deux degrés est de peu d'importance pour l'effet, si l'angle se rapproche d'ailleurs de celui que nous considérons comme le plus avantageux.

Après une suite d'expériences sur une grande échelle, M. Smeaton a trouvé que les angles suivants pouvaient être avantageusement employés. Le rayon est censé divisé en six parties. Le sixième pris à partir du centre étant *un*, et celui de l'extrémité *six*.

N <sup>os</sup>	Angle avec l'axe.	Angle avec le plan du mouvement.
1 . . . . .	72 . . . . .	18
2 . . . . .	71 . . . . .	19
3 . . . . .	72 . . . . .	18 <i>milieu.</i>
4 . . . . .	74 . . . . .	16
5 . . . . .	77 $\frac{1}{2}$ . . . . .	12 $\frac{1}{2}$
6 . . . . .	83 . . . . .	7 <i>extrémité.</i>

Après avoir ainsi trouvé la meilleure position pour les voiles, ou la meilleure manière de prendre le vent, M. Smeaton voulut s'assurer de l'avantage que pourrait donner une augmentation de surface sur le même rayon. Le résultat de ses recherches fut qu'une voile plus large demandait un angle plus grand; et que, si l'on faisait la voile plus large à l'extrémité que vers le centre, cette figure était plus avantageuse qu'un parallélogramme. Il trouva de plus que la forme et la proportion de ces voiles agrandies réussissaient mieux sur une grande échelle, la traverse de l'extrémité étant d'un tiers du rayon ou portée, et divisée par ce rayon dans la proportion de 3 à 5. La voile triangulaire ou conductrice est couverte en planches depuis le bas jusqu'à la moitié de la hauteur, et en toile comme à l'ordinaire, pour le restant. Les angles ci-dessus indiqués ne sont préférables que pour les voiles dont on a augmenté la dimension; car on trouve, dans la pratique ordinaire, qu'il vaut mieux que les voiles prennent trop peu que trop de vent.

Plusieurs mécaniciens, supposant que plus on avait de voiles plus on avait de puissance, proposent en conséquence de remplir toute l'aire, en formant

chaque voile en *secteur* d'ellipse, pour intercepter, suivant la théorie de Parent, toute la projection du vent, et produire par là le plus grand effet possible. Mais les expériences de notre auteur ont prouvé que quand la surface de toutes les voiles réunies dépassait les sept huitièmes de l'aire circulaire qui les renferme, l'effet se trouvait plutôt diminué qu'augmenté; conséquemment, il conclut que quand la colonne du vent est entièrement interceptée, elle ne produit pas le plus grand effet, faute des interstices convenables pour s'échapper après avoir exercé son action.

« Il est assurément désirable, dit M. Smeaton, que les voiles d'un moulin à vent soient aussi courtes que possible, et il n'est pas moins convenable que la quantité de toile soit aussi la moindre, pour éviter le dommage qui résulterait des coups de vent soudains. La meilleure forme, pour les grands moulins, est donc celle dans laquelle il entre la plus grande quantité de toile pour un cercle donné, mais pourvu que l'effet réponde à cette quantité; autrement, l'effet pourrait être augmenté à un certain degré par un moindre accroissement de voiles sur un plus grand rayon, qu'il n'arriverait si cet accroissement de voilure avait lieu, le rayon restant le même. »

La proportion entre la vitesse respective des voiles de moulin à vent déchargées ou chargées au maximum, n'a pas été trouvée la même dans les différentes expériences; mais le plus généralement elle est de 3 à 2. Il paraît cependant qu'en général, dans les cas où l'on avait une grande puissance, soit par l'agrandissement des voiles, soit par la plus grande vitesse du vent, le second terme de la proportion devenait moindre.

La proportion entre la plus grande charge que les voiles puissent porter sans être arrêtées dans leur mouvement, ou, ce qui revient au même, entre la plus petite charge capable d'arrêter les voiles, et la plus grande charge, paraît limitée entre les termes 10 et 8, et 10 et 9; ce qui donne une moyenne d'environ 10 à 8,3, ou de 6 à 5; mais à tout prendre, quand les angles des voiles ou la quantité de toiles sont plus grands, le second terme de la proportion est plus petit.

Les principes suivants ont été déduits par M. Smeaton de ses expériences.

**PREMIER PRINCIPE.** La vitesse des voiles de moulins déchargées ou chargées de manière à produire un maximum d'effet, est presque comme la vitesse du vent, leur figure et leur inclinaison étant semblables.

**DEUXIÈME PRINCIPE.** Le maximum de la charge est, moins quelque chose, comme le carré de la vitesse du vent, la figure et la position des voiles étant semblables.

**TROISIÈME PRINCIPE.** Les effets des mêmes voiles au maximum sont proportionnels, à peu de chose près, aux cubes de vitesse du vent.

**QUATRIÈME PRINCIPE.** La charge des mêmes voiles au maximum est à peu près comme les carrés, et leurs effets comme les cubes de leur nombre de révolutions dans un temps donné.

**CINQUIÈME PRINCIPE.** Quand les voiles sont chargées de manière à produire le maximum d'effet à une vitesse donnée, et que la vitesse du vent augmente, cette charge étant la même, il arrive 1° que l'augmentation d'effet, lorsque l'augmentation de la vitesse du vent est peu considérable, est presque comme le carré des vitesses; 2° que quand la vitesse du vent est double, les effets sont presque dans le rapport de 10 à 27; mais, 3° quand les vitesses

composées sont presque le double de celle à laquelle la charge donnée produit un maximum, les effets augmentent à peu près dans la simple proportion de la vitesse du vent.

**SIXIÈME PRINCIPE.** Si les voiles sont semblables dans leur forme et dans leur position, le nombre de tours dans un temps donné sera réciproquement proportionnel au rayon ou à la longueur de la voile.

**SEPTIÈME PRINCIPE.** Le maximum de la charge que des voiles d'une forme semblable et dans la même position peuvent supporter à une distance donnée du centre de mouvement, sera comme le cube du rayon.

**HUITIÈME PRINCIPE.** L'effet des voiles de forme et de position semblables est comme le carré du rayon.

**NEUVIÈME PRINCIPE.** La vitesse de la pointe des ailes hollandaises, aussi bien que celle des ailes élargies, dans toutes leurs positions accoutumées, soit déchargées, soit chargées, même au maximum, sont de beaucoup au-dessus de la vitesse du vent.

M. Ferguson observe que la vitesse des pointes des voiles, quand elles sont mises en mouvement par un vent modéré, est presque incroyable. Il a compté plusieurs fois le nombre de tours faits par une voile en 10 ou 15 minutes; et calculant d'après la longueur des bras d'une pointe à l'autre, il a trouvé que si une roue de même grandeur tournait sur une surface plane, avec une égale vitesse, elle parcourrait plus de 48,000 mètres par heure.

#### RÈGLES POUR FAIRE LES AILES DES MOULINS A VENT.

La fig. 127 est une des quatre ailes d'un moulin à vent vu de face. Les lettres de renvoi expliqueront les termes dont nous ferons usage dans la description suivante :

1° Toutes les dimensions dépendent de la longueur du bras AA, prise depuis le centre du grand axe B, jusqu'à la barre la plus éloignée 19.

2° La largeur de face du bras AA, près du centre, est le trentième de la longueur du bras; son épaisseur à cette extrémité est des trois quarts de sa largeur. La face postérieure est parallèle à la face antérieure jusqu'à moitié de la longueur, c'est-à-dire jusqu'à la dixième barre; l'autre extrémité du bras AA, qu'on nomme le petit bout, est un carré, dont le côté a un soixantième de la longueur du bras, c'est-à-dire la moitié de la largeur de la face à l'autre extrémité.

3° Du centre de l'axe B à la traverse la plus proche I, il y a un septième du bras, les six autres septièmes sont divisés en 19 espaces égaux pour 19 traverses ou barres; un neuvième d'un de ces espaces donne la grandeur des mortaises, dans lesquelles on introduit les barres qui traversent le bras AA de part en part. Les barres en ce point sont carrées ainsi que les mortaises qui les reçoivent.

4° Pour préparer le bras à recevoir les mortaises, faites une entaille à environ 18 millimètres de la face, de chaque côté; cette marque sur le côté principal 4, 5, ou côté du vent, donnera la place de toutes les barres pour ce côté: mais de l'autre côté les barres doivent être plus bas que la marque sui-

vant une certaine règle. Pour connaître l'espace que l'on doit laisser à cet effet pour chaque barre, on formera une échelle de la manière suivante :

5° Ouvrez le compas d'une quantité quelconque, de manière que six fois cette ouverture excèdent la largeur du bras à la septième traverse; portez ces six espaces sur une ligne droite prise pour base, et à l'extrémité, élevez une perpendiculaire; portez trois de ces espaces sur la perpendiculaire, et divisez les deux espaces qui sont le plus éloignés de la base en six parties égales chacun, de manière que ces deux espaces soient divisés en 12, indiqués par 13 points : de chacun de ces points, tirez une ligne vers l'extrémité opposée de la base, comme autant de rayons dirigés vers un centre, et l'échelle sera construite.

6° Pour appliquer cette échelle à un cas donné, prenez la largeur du bras à la dernière traverse (c'est-à-dire la traverse qui est à l'extrémité de l'aile), et portez cette largeur sur la base à partir du sommet de l'échelle, et en allant vers la perpendiculaire, vous obtiendrez un premier point : élevez à partir de ce point une perpendiculaire sur la base jusqu'à la rencontre du rayon de l'échelle le plus rapproché; portez ensuite la largeur du bras à la septième traverse, de la même manière, vous obtiendrez un second point, à partir duquel vous élèverez une autre perpendiculaire que vous prolongerez jusqu'à la rencontre du treizième rayon. Joignez par une droite les deux points d'intersection ainsi obtenus sur le premier et le treizième rayon, elle coupera obliquement tous les autres. La distance de la base à chacun des points d'intersection de l'oblique avec les divers rayons donnera la quantité dont il faut descendre chaque traverse sur le côté du bras qui est sous le vent, à partir de l'entaille.

7° Ces espaces diffèrent jusqu'à la septième traverse; mais à partir de celle-ci, ils doivent être égaux.

8° Les mortaises doivent être carrées du côté principal du bras.

9° Lorsque les mortaises sont faites, il faut que la *face* du bras soit taillée de manière à former une surface continue avec les faces des diverses traverses.

10° Deux cinquièmes du bras forment la longueur de la dernière traverse ou de la plus longue.

11° Cinq huitièmes de la plus longue traverse doivent être du côté sous le vent du bras, et trois huitièmes du côté au vent, en comptant chacun à partir du milieu du bras.

12° Les dimensions des mortaises déterminent le profil des traverses dans les mortaises; leur épaisseur doit être diminuée de chaque côté, de manière à être réduite à moitié aux extrémités; mais la *face* doit être d'une largeur uniforme dans toute sa longueur.

13° Le côté au vent ne va pas au-delà de la quatrième traverse, et il n'a pour largeur en ce point que le tiers de la longueur totale de cette dernière traverse.

14° Toutes les traverses de l'autre côté sont cintrées en arc de cercle, dont la naissance est placée au tiers de la longueur à partir du bras; la flèche de cet arc est à peu près égale à la largeur de la face de la traverse.

15° Il doit y avoir trois montants du côté sous le vent, et deux du côté au vent pour fortifier le treillage. (*Encyclopédie* du docteur Rees.)

M. Richard Hall Gower, officier au service de la compagnie des Indes, a

fait des expériences très-savantes pour déterminer les angles du côté du vent ou d'air qu'il faut donner aux ailes d'un moulin à vent vertical : il a trouvé en résultat que chaque aile devait être une spirale engendrée par le mouvement circulaire d'un rayon et d'une ligne qui se meut perpendiculairement au plan du mouvement circulaire. La construction qu'il fait dériver de ses recherches est fort simple ; la voici :

Etant donnés la longueur, la largeur et l'angle d'air à l'extrémité d'une aile, déterminer les angles d'air à différentes distances du centre.

Soit AB, fig. 129, la longueur de l'aile, BC sa largeur, et BCD l'angle de l'air à l'extrémité de l'aile, égal à 20 degrés. Avec la longueur AB et la largeur BC, construisez un triangle isocèle ayant pour base BC ; du point B, élevez sur CB une perpendiculaire qui rencontrera la ligne CD : BD sera précisément la profondeur de l'aile.

Divisez la ligne AB en plusieurs parties ( en 5 par exemple ) : par ces points de division menez les lignes 1E, 2F et 4H parallèles à la ligne BC ; ensuite, des points de division 1, 2, 3 et 4, faites les lignes 1I, 2K, 3L et 4M perpendiculaires à 1E, 2F, 3G, etc., toutes égales en longueur à BD. Joignez EI, FK, GL et HM, les angles 1EI, 2FK, 3GL et 4HM, sont les angles d'air à ces divisions de l'aile, et si l'on conçoit des triangles perpendiculaires au plan du papier, les angles I, K, L, M et D devenant les angles verticaux, l'hypothénuse de ces triangles donnera une idée exacte de la *variation* des angles d'air, à mesure qu'on s'éloigne du centre.

#### MÉTHODE POUR PLACER ET RETIRER LES VOILES PENDANT LEUR MOUVEMENT.

M. John Bywater de Nottingham prit un brevet en 1804, pour un procédé à l'aide duquel on peut tendre et serrer les voiles de moulins à vent, pendant qu'elles sont en mouvement, *revêtir* d'une manière facile et expéditive les ailes du moulin, totalement ou partiellement en quelques tours, soit qu'elles aillent vite ou lentement, et donner à la toile une surface égale et régulière en largeur, du haut en bas ; on peut aussi de la même manière, par un mécanisme simple et durable, rouler ou bien serrer la voile, en tout ou partie, à volonté, contre le montant principal.

Fig. 130, les n<sup>os</sup> 1, 2, 3, sont les voiles vues de face dans trois positions, c'est-à-dire serrées, à moitié pliées, et tout-à-fait développées.

Fig. 131, cercle de fer ou d'autre matière, d'environ 10 centimètres de large et 18 millimètres d'épaisseur, d'un diamètre suffisant pour circoncrire la tête de l'axe, à laquelle il doit être bien assujéti par les brides a a.

Fig. 132, roue à dents en fer, sans axe, attachée sur le bord du cercle, de manière à tourner facilement.

Fig. 133, pignon de fer, sans axe, fait pour tourner facilement sur quatre chevilles fichées dans quatre oreilles b b b b, par derrière le cercle ; ces chevilles sont recourbées aux extrémités pour maintenir le pignon.

Fig. 134, un des quatre fuseaux de fer, ou d'autre matière, portant un pignon à sa tête. Ce fuseau passe (fig. 131) en c c c c, et engrène dans la

roue dentée comme on le voit par la fig. 133, *a a a a*. Ces quatre petits pignons (fig. 134) engrènent dans les petites roues dentées *i, i, i, i*, fig. 130, qui sont à l'extrémité des cylindres sur lesquels les voiles s'enroulent; deux des fuseaux doivent être plus courts que les autres, quand les liges ne font pas saillie. Ces cylindres sur lesquels s'enroulent les voiles, quand le moulin n'est pas revêtu, sont en bois, d'environ 76 millimètres de diamètre; il sont placés en dehors de l'aile du côté du vent. Un tourillon, fixé à vis dans l'extrémité de chaque cylindre, tourne dans un œil en fer fixé sur l'axe du moulin. L'autre extrémité est garnie d'un tourillon *b* qui s'engage dans un œil ménagé dans le croisillon en fer *h*, placé à l'autre bout du montant de l'aile. Quatre cylindres *f, f, f, f*, semblables à *i, i, i, i*, sont placés en dedans des montants, sur la face postérieure de chaque aile et servent à les revêtir au moyen des cordes *o o o o*, attachées aux cylindres *f f f f* et à la bordure de la toile. A l'extrémité de chacun de ces quatre cylindres sont fixés quatre pignons *e e e e* qui engrènent avec la roue dentée (fig. 132), les dents de la roue s'écartent du centre dans la proportion dont les pignons s'en éloignent. Cet écartement doit être en sens opposé, lorsque les ailes tournent en sens contraire. Ces cylindres sont aussi fixés, à l'une de leurs extrémités, dans des coussinets qui entrent dans la tête de l'arbre. L'autre extrémité tourne dans le croisillon en fer *h* placé au bout des montants; un certain nombre de brides les empêche de sortir de leur place.

Maintenant supposez le moulin entièrement revêtu, comme il l'est au n° 3; toutes les parties du mécanisme marchent avec lui sans obstacle, jusqu'à ce qu'un levier fig. 136, qui est attaché aux armatures du cintre par la cheville *a* (fig. 137) sur laquelle il tourne, et dont le bout *b* est garni d'un poids pour s'abattre sur le devant du moulin, vienne dans une direction horizontale; cette direction horizontale s'obtient en tirant une corde attachée au bout *a* en dedans du moulin, et dont le bout *b* arrête le bouton *b* qui se projette de la face postérieure de la roue dentée, fig. 135; les quatre pignons *a* placés à l'extrémité de la tige, fig. 134, et vus en *a a a a*, fig. 135, roulent autour de la roue dentée, et les pignons *b*, à l'autre extrémité de la tige, engrènent avec les roues dentées des cylindres extérieurs *i i i i*, nos 1, 2, 3, en ligne directe derrière eux; et en tournant ainsi, les cylindres roulent la toile sur eux-mêmes derrière le montant de l'aile. La corde *e* sert à ramener le levier. On l'écarte du bouton, sur la face postérieure de la roue dentée, par le procédé suivant.

Une vis *b*, fig. 138, est taillée sur le tourillon de l'un des cylindres derrière la voile, et un morceau de fer *c* sert à l'ajuster. L'extrémité de ce fer entre dans la pièce *d*, liée à la tête de l'axe, pour empêcher le fer *c* de tourner avec le cylindre, mais il le fait monter et descendre à coulisse, de manière à faire pression sur le fer *a*, qui contient l'œil, et élève le bout *a* justement assez haut pour jeter le levier de côté, quand la toile est toute roulée, le nombre des pas de la vis répondant au nombre de révolutions nécessaire pour obtenir l'effet proposé. La pointe du fer *a* est la partie qui jette de côté le levier, fig. 136; elle se meut sur son centre *c*, et doit être portée sous la roue dentée, de façon à agir derrière elle. C'est ainsi qu'en lâchant la corde, le meunier peut laisser l'aile garnie de toile au point où il veut. Les voiles peuvent être également tendues, en tout ou en partie, par un levier semblable à *a*, arrêtant le bouton

*a* sur le bord de la roue, fig. 132, et repoussé de la même manière vers le pignon.

La fig. 139 représente un manchon en bois, fixé au bras en *n n n n*, 1, 2, 3 pour empêcher les cylindres de trop ressauter. Intérieurement, il reste assez de place pour que la toile se roule sur le cylindre par ses bords sur cette pièce. Afin de tenir toujours tendues les cordes qui passent par-dessus le bord des traverses *o o o o*, une corde passe sur un ressort placé sur la voile, et tient aux extrémités supérieures des cylindres; elle s'enroule sur ces extrémités en sens contraire des *cordes* et de la toile. Pour que les cordes ne soient pas entraînées par la force centrifuge, on laisse courir un *cercle* ou deux le long des baguettes suivant l'ancienne manière comme *p*, N° 2, 3.

La largeur de la toile, le diamètre des cylindres et le nombre de révolutions nécessaire pour que la toile se roule, doivent déterminer la dimension des roues. Veut-on *plier* la toile, au lieu de la *rouler*, il faut l'attacher par un bout au bras, et passer des cordeaux au travers de la partie en dehors par des *ganses* attachées au bord, et par conséquent par-dessus le bord des traverses; la toile est unie au cylindre placé derrière l'aile ou ailleurs, et les autres bouts des *cordeaux* se rattachent au même cylindre: lorsque la toile est repliée contre le bras, il y a autant de ces cordeaux roulés d'un côté, qu'il y en aura de déroulés de l'autre, ce qui est nécessaire pour développer la toile, lorsque le même cylindre, tournant en sens contraire, tend à l'étendre. C'est par ce moyen qu'on se débarrasse des quatre cylindres, avec leur attirail, le résultat étant d'ailleurs le même qu'en roulant les toiles; mais comme le *pliage* donne une surface bien inférieure sous plusieurs rapports à l'opération de *rouler*, et occasionne des inconvénients et des accidents dont la surface roulée est exempte, M. J. Bywater conseille de faire usage des cylindres, plutôt que de s'exposer par économie aux inconvénients du *pliage*.

S'il survenait, en l'absence du meunier, une bourrasque assez violente pour faire aller le moulin plus vite qu'il ne doit avec la vitesse donnée, on pourrait y adapter une couple de balles centrifuges, semblables à celles du régulateur de la machine à vapeur, et qui agiraient sur le levier, de manière à ce que le moulin se *dégarnisse* de suite de ses voiles.

#### AILES DE MOULIN A VENT VERTICAL, DE M. BAINES.

M. Robert Raines Baines, de Myton, s'est acquis par un brevet, en juin 1815, la propriété d'un perfectionnement dans la construction des ailes du moulin à vent vertical.

La fig. 140 représente six ailes; les bras marqués *A* sont les mêmes que ceux des moulins verticaux ordinaires. Les voiles *B* sont de toile à prélat, et attachées sur les côtés de ces bras, le long des bords *aa*, et aux baguettes *D*, au point *b*, ou aussi près que possible; elles s'étendent à l'aide des baguettes *E* qui sont fixées par derrière, et des barres *m* qui entrent dans les bordures de ces voiles. Chaque voile est aussi jointe par une baguette *F* avec la voile voisine, comme cela va être montré. Les axes ou baguettes *C* sont attachés aux bras *A*, aux points *d d*, par des *ganses* ou autrement, de manière à les laisser



mouvoir comme dans des charnières. Les barres ou baguettes D se rattachent toutes aux axes C, par des *charnières* qui permettent au vent de faire mouvoir les baguettes D, indépendamment des axes ou baguettes C, dans le cas où il soufflerait par derrière les voiles, mais qui ne lui permettent pas de les faire mouvoir isolément des baguettes C, lorsqu'il souffle sur le devant des voiles. Les baguettes F joignent les coins *e* de chaque voile avec le coin de la voile voisine au point *b*, en la retirant en arrière; ces barres ou baguettes sont tenues par des crochets ou par tout autre moyen, inclinées sous un angle tel que, si le vent venait à prendre ces voiles par derrière et à les pousser en avant, les baguettes ou barres se décrocheraient aussitôt. Un anneau circulaire G est fixé par des vis ou autrement sur les bras A, destinés à supporter les appuis H. I représente la tête ou le bout d'une *verge* ou barre qui passe par le centre de l'axe du moulin, à laquelle on peut adapter un poids, par un moyen bien connu des constructeurs de moulins, pour en régler les ailes, c'est-à-dire les rapprocher du vent ou les en écarter. Les barres ou crochets K sont fixés aux *verges* C sous un angle tel que, lorsque les leviers L font force dessus, elles laissent ces barres D s'écarter du vent jusqu'à ce que les voiles dont il s'agit ne lui présentent plus que leur bordure, ou bien elles forcent les barres D à se tourner du côté du vent, pour que les voiles lui présentent toute leur surface. Les barres L, tenant par une de leurs extrémités à la tête de la verge I, et par les autres extrémités aux barres H, forment des leviers en repos ou agissant sur les appuis H, et sont gouvernées ou dirigées dans leur action par la verge dont on voit la tête en I. Tous ces crochets, barres, *œillets* et anneaux peuvent être en fer ou en toute autre matière. On les assujettit à leurs places par des charnières ou autrement, selon qu'on veut les rendre mobiles ou fixes.

#### MÉTHODE DE CUBITT POUR RENDRE UNIFORME LE MOUVEMENT DES AILES DES MOULINS A VENT.

M. William Cubitt, ingénieur de Norfolk, prit un brevet d'invention pour sa méthode en mai 1807. Nous allons mettre sous les yeux du lecteur la description qu'il en fait lui-même.

« Mon invention consiste à adapter aux moulins à vent un appareil ou mécanisme qui oblige les ailes, d'une construction toute nouvelle et particulière, à se régler elles-mêmes, de manière à entretenir une vitesse uniforme dans les circonstances où le vent les pousserait irrégulièrement, comme cela arrive avec les ailes actuelles des moulins à vent. Pour arriver à mon but, je fais des ailes plus légères, et j'emploie pour cela moins de *traverses* que par la méthode ordinaire; puis je remplis l'espace qui reste ouvert entre chaque *traverse*, de petites feuilles de bois, de tôle peinte ou de toute autre substance (cependant je préfère et je recommande le bois recouvert de toile). Je les suspends par les extrémités sur des pivots, tourillons, ou de toute autre manière convenable, de façon à pouvoir les ouvrir et les fermer comme des *valves* (c'est ainsi que je les désignerai désormais); il est toujours préférable d'avoir le centre de

mouvement aussi près que possible du bord longitudinal supérieur de la *valve*, comme on le voit dans la fig. 141, qui représente une *valve* détachée. J'adapte ces *valves* aux ailes, d'une construction nouvelle, en les suspendant aux *traverse*s par leur côté longitudinal, et en les fixant avec des charnières ou autrement à volonté. Ces ailes, construites avec les *valves* dont il s'agit et dont la fig. 142 représente le modèle, offrent une surface plus ou moins grande au vent, selon qu'il agit sur elles avec plus ou moins de force. Si le vent était très-fort, les *valves*, par son impulsion, tourneraient leurs bords de son côté, et leurs surfaces deviendraient parallèles à la direction du vent; par conséquent les ailes resteraient stationnaires, ou n'auraient que très-peu de mouvement; mais pour prévenir cet inconvénient, j'adapte un appareil qui oblige les *valves* à présenter au vent leur surface totale, ou telle grandeur de cette surface que l'on veut; l'appareil dont je me sers ordinairement se voit dans les fig. 143 et 144; cette dernière figure indique deux moyens d'arriver au même but. Il est évident qu'il y a quantité d'autres moyens de produire le même effet sur les *valves*, aussi je ne veux pas me borner à ceux-là, mais je crois inutile d'expliquer les autres ici, parce que les exemples donnés dans les dessins, font voir clairement le genre d'appareil qui convient.

« La fig. 142 représente deux paires d'ailes dans lesquelles AA indique les *valves* tournées au vent, et leur face exposée à angle droit à la direction du vent; BB fait voir les ailes tournées au plus près, les *valves* ayant le bord au vent, c'est-à-dire que celui-ci n'a aucun effet sur elles, si ce n'est sur les bords, ce qui est bien peu de chose. Dans le dessin on a représenté les ailes comme ayant le bras au milieu, avec des *valves* des deux côtés; mais il est évident qu'on peut construire des ailes avec le bras placé à la manière ordinaire, et n'y mettre des *valves* que d'un côté seulement; c'est la méthode que je suis ordinairement, lorsque je les applique aux ailes de nouvelle forme.

« La fig. 143 représente, vu de face, l'appareil qui sert à régler les *valves*; la fig. 144 est une coupe de ce même appareil, indiquant deux procédés pour faire cette opération. A représente l'axe percé dans le centre pour recevoir une *verge* de fer B, qui le traverse librement; un bout de cette *verge* est destiné à tourner dans une boîte C, qui tient à une crémaillère, dont les dents engrenent avec celles d'un pignon E, sur l'axe duquel est une molette portant une gorge sur sa circonférence pour recevoir une corde G, à laquelle pend un poids H, fig. 143, et qui doit suffire pour régler la force du vent sur les *valves*. Il n'est pas possible de déterminer à l'avance d'une manière précise la quotité de ce poids, attendu qu'on n'y parvient que par tâtonnement ou par la quantité d'ouvrage que le moulin doit faire. Au-dessus de la crémaillère D est un rouleau I, qui sert à maintenir la crémaillère et le pignon. La portion de la *verge* B qui tourne dans la boîte C porte un excentrique qui lui communique un mouvement vertical pendant qu'elle tourne dans la boîte C; à l'autre bout de la *verge* est fixée une plaque ou croix en fer K, portant un tourillon dirigé dans le sens de chaque aile. Ces tourillons portent les bras *conducteurs* LL, qui communiquent un mouvement de rotation aux extrémités des leviers M M, tandis que la *verge* de fer suit la ligne droite. N N sont deux *boulons* fixés au bras O de la voile, autour de l'extrémité supérieure desquels se meuvent les leviers M M. Ces leviers communiquent leur mouvement à la crémaillère P P, dont les dents engrenent avec les pignons Q Q : l'axe de ceux-

ci porte un fort *boulon* de fer R, qui est attaché à une crémaillère ou *coulisse* S, comme on le voit figure 145. D'autres boulons en fer ou leviers sont fixés par un bout dans cette *coulisse* S par une charnière, et par l'autre ils sont attachés aux valves a, qui tournent sur des tourillons, comme nous l'avons expliqué plus haut.

« L'autre méthode pour régler les valves est représentée dans la fig. 146, où, au lieu des *boulons* ou leviers, ce sont des pignons engrenant avec les dents d'une crémaillère T qui mettent en mouvement les valves. V V sont des rouleaux qui servent à maintenir les crémaillères dans leur position. On saisira facilement le mécanisme et le jeu de cet appareil, en imaginant que si l'on fait descendre le crochet 4 de la corde G au chiffre 5, la molette F et le pignon E tourneront en même temps, mettant en mouvement la crémaillère D avec la verge B, qui feront venir les leviers MM dans la position indiquée par les lignes ponctuées; les crémaillères P auront fait tourner les pignons Q jusqu'à ce que les coulisses S et T, avec les boulons, ou leviers, ou crémaillères (suivant la méthode dont on fera usage), amènent les valves dans la position des lignes ponctuées, position où on les représente, comme ayant toutes leurs surfaces exposées au vent. Si l'on suspend au crochet 4 un poids suffisant, ce poids descendra au chiffre 5, et maintiendra les valves dans la position des lignes ponctuées; et si l'on suppose ensuite que, dans cette situation, le vent souffle sur elles avec trop de force, elles tourneront sur leurs tourillons, et feront remonter les poids; en sorte que le superflu du vent passera entre les valves, sans exercer sur les ailes une force irrégulière, capable de produire une inégalité de vitesse. »

#### MOULIN AVEC HUIT AILÈS QUADRANGULAIRES.

Ce moulin, qui a été inventé par M. James Verrier, est représenté fig. 147. AAA sont les trois principaux piliers : ils ont 8<sup>m</sup> 42 de long, 56 centimètres de largeur aux extrémités inférieures, 46 centimètres dans le haut, et 42 d'épaisseur.

La colonne B a 3<sup>m</sup> 73 de longueur, 49 centimètres de diamètre à son extrémité inférieure, et 40 dans le haut; elle est fixée au centre du moulin, et traverse le premier plancher E; son extrémité supérieure est maintenue par les barres G G. E E E sont les solives du premier étage; on n'en aperçoit qu'une; elles ont 2<sup>m</sup> 51 de long, 28 centimètres de large et 23 d'épaisseur; elles s'assemblent dans les piliers A A A et dans la colonne B, par des mortaises, et sont à environ 2<sup>m</sup> 50 de distance du rez-de-chaussée. D D D sont trois montants de 1<sup>m</sup> 93 de long, 23 centimètres de large et 15 d'épaisseur, qui s'assemblent au moyen de mortaises avec les solives E et F du premier et du second étage, à 71 centimètres de distance des piliers A, etc. F F F sont les solives du second étage; elles ont 1<sup>m</sup> 83 de long, 28 centimètres de large et 23 d'épaisseur; elles s'assemblent au moyen de mortaises faites dans les piliers A, et reposent sur les extrémités supérieures des piliers D, etc.; les trois barres G G G ont 94 centimètres de long, 18 centimètres de large et 76 millimètres d'épaisseur; elles entrent dans des mortaises faites dans les piliers D et la partie

supérieure de la colonne B, à 1<sup>m</sup> 30 au-dessus du plancher. P est une des poutres qui supportent les extrémités des *arbres à broyer*; elle a 61 centimètres de long, 20 centimètres de large et 15 centimètres d'épaisseur. I est un des *broyeurs*, dans lequel l'extrémité d'un des *arbres* K entre par une mortaise. Chaque *broyeur* a 1<sup>m</sup> 46 de long, 24 centimètres de large et 175 de large millimètres d'épaisseur, et chaque *arbre* K a 1<sup>m</sup> 42 de long, 24 centimètres et 175 millimètres d'épaisseur : ils sont garnis chacun d'une plaque de cuivre à la partie supérieure, pour recevoir le pivot des meules. L L sont deux boutons à vis qui élèvent ou abaissent les *broyeurs*. M M M sont les trois meules, et N N N les axes de fer sur lesquels elles sont fixées. D est une des trois lanternes adaptées aux extrémités supérieures des axes N; elles ont 40 centimètres de diamètre et sont garnies chacune de 14 fuseaux. *f* est une des ridelles de voiture sur laquelle tourne le pivot supérieur de l'axe, et qui a 1<sup>m</sup> 27 de long, 175 millimètres de large et 10 centimètres d'épaisseur; elle tourne par un bout sur une cheville de fer, et par l'autre *glisse* sur un *tasseau* fixé à un des joints, et forme une mortaise dans laquelle on enfonce un *coin*, pour mettre en mouvement la *ridelle* et la lanterne, ou les arrêter. *l* est la *roue* dentée horizontale qui donne l'impulsion aux lanternes; elle a 1<sup>m</sup> 67 de diamètre; elle est fixée sur l'axe vertical T, et garnie de 42 dents. L'axe vertical T a 2<sup>m</sup> 74 de long, et 36 centimètres de diamètre; il porte un pivot de fer à chacune de ses extrémités; le pivot de dessous tourne dans une crapaudine de cuivre rentrant dans l'extrémité supérieure de la colonne B, et le pivot supérieur se meut dans une plaque de cuivre intercalée dans la face inférieure de la *ridelle* C. La *roue* dentée *r* est fixée à l'extrémité supérieure de l'axe T, et est mise en mouvement par la *roue* dentée verticale *v*, placée sur l'axe *c*, qui est celui des ailes du moulin; elle a 96 centimètres de diamètre et est garnie de 15 dents. La *ridelle* C, qui est fixée sur l'anneau tournant Z, a 5<sup>m</sup> 18 de long, 30 centimètres de large et 23 centimètres d'épaisseur. Y Y Q est l'anneau dans lequel tourne Z; il a 5<sup>m</sup> 20 de diamètre, 36 centimètres de large et 25 d'épaisseur, et il entre dans des mortaises pratiquées dans les piliers; A est assujéti par des *boulons* à vis et écrous. L'anneau mouvant Z est du même diamètre et de la même largeur que Y Y Q, mais il n'a que 19 centimètres d'épaisseur; il roule sur 12 rouleaux, fixés sur la surface supérieure de l'anneau Y Y Q.

Le *tasseau* *e* a 1<sup>m</sup> 52 de long, 40 centimètres de large et 25 centimètres d'épaisseur; il est surmonté par un fort *collier*, dans lequel tourne le tourillon inférieur de l'axe qui porte les ailes. *b* est un autre *tasseau* de 2<sup>m</sup> 12 de long, 1<sup>m</sup> 21 de large et 25 centimètres d'épaisseur; il est fixé dans les parties de devant, et de façon à embrasser le collier de l'axe des ailes; il est divisé en deux parties, réunies ensemble par des *boulons*; l'axe des ailes *c* a 4<sup>m</sup> 57 de long, 61 centimètres de diamètre à la partie de devant, et 45 à l'autre; son tourillon dans la partie de derrière a 15 centimètres de diamètre, et l'axe est foré pour recevoir une verge de fer qui passe librement dedans. La *roue* à dents verticale *v* a 1<sup>m</sup> 82 de diamètre, et est garnie de 42 dents, qui font tourner la *roue* dentée, laquelle communique le mouvement des ailes au mécanisme intérieur du moulin.

Les voiles tournent au moyen de l'anneau mobile Z, qui roule dans celui Y Y Q, comme dans une rainure. Une corde passe par dessus une poulie de

cuivre; on la voit en *a*, avec un poids attaché à son extrémité, suffisant pour amener les voiles à offrir assez de prise au vent pour le nombre de meules qu'on veut faire tourner. Quand la pression du vent est plus que suffisante, les voiles tournent sur un *bord*, et poussent par derrière le boulon coulant, ce qui les empêche de se mouvoir avec une trop grande vitesse. Dès que le vent diminue, les voiles, au moyen du poids *a*, remontent vers le vent jusqu'à ce qu'il soit assez fort pour donner au moulin le degré de vitesse convenable. À l'aide de cet appareil on gouverne le vent et on le proportionne à la résistance ou à l'effet qu'il doit produire; on obtient aussi un mouvement uniforme, et le moulin est moins sujet à être détruit par la rapidité de son mouvement.

Pour aider à l'intelligence du lecteur, et pour qu'il comprenne bien comment on obtient ces effets, nous avons représenté, dans la fig. 148, la verge de fer et les bras qui portent contre les voiles. *ah* est la verge de fer qui passe au travers de l'axe des ailes *c* dans la fig. 147; *h* est l'extrémité qui tourne dans le bouton de cuivre fixé sur le boulon coulant; *ai* sont les bras en croix à angles droits en *ah*, dont les extrémités *ii*, marquées semblablement dans la fig. 147, portent sur les bords des voiles. Les bras *ai* ont 1<sup>m</sup> 97 de long à partir du centre *a*, 30 centimètres de large au centre, et 125 millimètres d'épaisseur; les bras *n'*, etc., qui conduisent les voiles, ont 5<sup>m</sup> 64 de long; leur plus grande largeur est de 30 centimètres, leur épaisseur de 21 centimètres, diminuant graduellement vers leurs extrémités, où ils ont 67 millimètres de diamètre. Les quatre ailes cardinales *m* ont chacune 3<sup>m</sup> 96 de long, 2<sup>m</sup> 43 de large en dehors, et 91 centimètres aux extrémités d'en bas; *p* sont les quatre ailes auxiliaires de même dimension que les principales, auxquelles elles se rattachent par la corde *S*. L'angle d'inclinaison de l'aile, au moment où elle reçoit l'action du vent, est de 45 degrés, et constamment le même partout.

D'après la description que nous venons de donner de la machine, il est évident que l'axe qui porte les ailes *c* tourne avec et en même temps qu'elles; que la roue verticale *v* communique le mouvement à la roue dentée *r*, fixée sur l'axe *T*, et que par suite elle fait mouvoir aussi la lanterne *z*. Cette dernière fait aller les trois lanternes *H*; on voit dans la figure, une de ces lanternes, qui, fixées sur les axes *N*, mettent en mouvement les meules.

Pour que le vent puisse agir sur les ailes avec le plus grand effet possible, il faut toujours que l'axe principal ait la même direction que le vent. Mais, comme cette direction change continuellement, il est indispensable de trouver un moyen pour ramener l'axe des ailes dans la position qui leur convient.

Dans les méthodes ordinaires, on fait tourner cet axe et les ailes à bras d'hommes. Il était à désirer qu'on pût suppléer à l'action de l'homme, par le secours du vent seulement. On y est parvenu en fixant une grande girouette de bois à l'extrémité d'un long bras horizontal placé dans le même plan vertical que l'axe qui porte les ailes. Quand la surface de la girouette et son éloignement du centre sont assez grands, la plus légère brise est capable de donner une impulsion assez forte à la girouette pour faire tourner le mécanisme, et ramener les ailes dans une position favorable. Il est clair que ces sortes de girouettes peuvent s'appliquer aux machines qui ont un toit mobile comme à celles qui tournent sur un arbre vertical.

Avant la révolution française, les moulins à vent étaient plus nombreux en

Hollande et dans les Pays-Bas que dans aucune autre partie du monde, et c'est là qu'ils se sont considérablement perfectionnés. Nous avons à l'appui de cette assertion non seulement les expériences de M. Smeaton, qui prouvent que les ailes orientées, d'après la méthode hollandaise, procurent le plus grand effet, mais encore les observations du célèbre Coulomb. Ce savant a examiné plus de 50 moulins à vent dans les environs de Lille, et il a reconnu que ces moulins faisaient à peu près la même quantité d'ouvrage lorsque le vent avait une vitesse de 5<sup>m</sup> 50 à 6<sup>m</sup> par seconde, bien qu'il y eût quelques légères différences dans l'inclinaison de leurs axes et dans la disposition de leurs ailes. D'après ce fait, Coulomb a conclu, avec raison, qu'il fallait que les parties de la machine eussent été disposées de manière à produire le maximum d'effet.

Dans les moulins à vent sur lesquels les expériences de Coulomb ont été faites, la distance entre l'extrémité de chaque aile et le centre de l'axe principal était de 10 mètres. Les ailes avaient la forme de rectangles, et un peu plus de 1<sup>m</sup> 80 de largeur. Une toile étendue sur un *châssis* en recouvrait une largeur de 1<sup>m</sup> 50; les 30 centimètres restant étaient garnis de planches minces. La ligne de jonction de la toile et de la partie planchéyée formait du côté du vent un angle sensiblement concave au commencement de l'aile, qui allait en diminuant graduellement jusqu'à devenir insensible à l'extrémité de cette aile. Quoique la surface de la toile fût concave, on peut la considérer comme composée de lignes droites perpendiculaires au bras qui porte le *châssis*, les extrémités de ces lignes correspondant avec l'angle concave, formé par la jonction de la toile avec les planches. Ces lignes droites formaient au commencement de l'aile, c'est-à-dire à 1<sup>m</sup> 80 environ du centre de l'axe, un angle de 60 degrés avec l'axe, et cet angle allait croissant jusqu'à l'extrémité de l'aile où il était de 78 à 84 degrés, selon que l'inclinaison de l'axe de rotation avec l'horizon augmentait depuis 8 jusqu'à 15 degrés: ou bien, pour nous exprimer comme le constructeur de moulin, le plus grand angle d'air était de 30 degrés, et le moindre variait depuis 12 jusqu'à 6 degrés, parce que l'inclinaison de l'axe variait depuis 8 degrés jusqu'à 15. On peut se faire une idée assez exacte de la surface des ailes du moulin à vent, si l'on conçoit une suite de triangles perpendiculaires à l'horizon, dans lesquels l'angle contenu entre l'hypothénuse et la base diminue constamment. L'hypothénuse de chaque triangle étant supposé appartenir à la surface de l'aile, on peut supposer qu'elle est formée par un nombre infini de ces hypothénuses.

#### DES MOULINS A VENT A AILES HORIZONTALES.

On a émis une foule d'opinions sur les avantages comparés des moulins à ailes horizontales et de ceux à ailes verticales. M. Smeaton donne une préférence marquée aux derniers; mais, quand il assure que les moulins à ailes horizontales n'ont qu'un huitième ou un dixième de la puissance des autres, il estime certainement cette puissance beaucoup trop bas. M. Beaton, au contraire, qui a été breveté pour la construction d'un nouveau moulin à ailes horizontales, paraît très prévenu en faveur de cette espèce de moulin. On

trouvera probablement, en se livrant à un examen impartial, que la vérité tient le milieu entre ces deux opinions contraires ; mais, avant d'entamer cette discussion, il importe d'abord de considérer la nature et la forme des moulins à ailes horizontales. C'est ce que nous allons faire en présentant au lecteur une description du moulin de ce genre construit à Margate par le capitaine Hooper.

La fig. 149 en est une coupe verticale, et la fig. 150 est le plan de l'édifice. HH sont les murs latéraux d'un bâtiment octogone, qui contient le mécanisme. Ces murs sont surmontés d'une grosse charpente GG de la même forme que l'édifice, fixée au sommet par des traverses de bois destinées à soutenir le toit, ainsi que le pivot supérieur de l'axe vertical principal AA, qui a trois bras horizontaux, BB, CC, DD. Les bras sont fortifiés et soutenus par des barres de bois posées diagonalement, et les extrémités en sont *boulonnées* aux pièces de bois octogones, autour desquelles sont fixées les palettes EE, comme on le voit dans la fig. 150, de manière à former une grande roue semblable à une roue à eau, et qui laisse entre elle et l'édifice un vide de 45 centimètres tout autour. Cet espace est occupé par un nombre de planches verticales FF', tournant sur pivot en haut et en bas, disposées obliquement, se recouvrant l'une l'autre, de manière à intercepter complètement le vent et à arrêter le moulin, ce qui forme un entourage fermé autour de la roue ; mais elles peuvent tourner sur leur pivot, pour laisser souffler le vent dans une direction tangente sur les palettes d'un côté de la roue, pendant que l'autre est complètement défendu du vent par le *bordage de planches*. La position des planches est clairement indiquée en F par la fig. 150. A l'extrémité inférieure de l'axe vertical AA, est une grande roue dentée aa, qui fait mouvoir un pignon c sur un petit axe vertical d, dont le pivot supérieur tourne dans une pièce en saillie, tenant par un *boulon* à une solive du plancher n. Au-dessus du pignon c est placée une roue dentée e, qui met en mouvement deux petits pignons f, placés aux extrémités supérieures des axes g des meules h. Il y a un autre pignon au côté opposé de la grande roue à éperon aa, destiné à donner le mouvement à une troisième paire de meules dont on fait usage quand le vent est très fort ; et alors la roue tourne si vite qu'on n'a pas besoin de la roue de secours e pour donner aux meules la vitesse nécessaire. Le poids du grand axe vertical est supporté par une forte pièce de bois b revêtue d'une boîte en cuivre, pour recevoir le pivot inférieur de l'axe. Cette pièce de bois est supportée à ses extrémités par des poutres croisées, entrant par des mortaises dans les piliers debout bb, comme il est indiqué par le plan fig. 150. Le bâtiment est en brique et recouvert d'un plancher ou toit II, pour mettre le mécanisme à l'abri des injures du temps. Afin d'empêcher la pluie de couler et de s'introduire dans l'ouverture par laquelle passe l'axe, il y a un large cercle K fixé au plancher, entouré d'un autre cercle ou boîte L, qui est fixé aux bras DD de la roue. Ce dernier est d'une dimension telle qu'il dépasse exactement le cercle K sans le toucher quand la roue tourne. Par ce moyen la pluie ne peut pas pénétrer dans la pièce supérieure M, qui sert de magasin pour contenir les différentes sortes de blés qu'on y dépose. Une roue i, garnie de dents verticales sur les deux faces de la jante, est fixée sur le grand axe ; ces dents engrènent en dessous avec un pignon placé à l'extrémité du cylindre k, qui sert à hisser les sacs. Les deux pignons mm, fig. 150, sont mis en

mouvement par la grande roue  $aa$ , et servent à faire marcher le blutoir et la machine à nettoyer le grain, qui sont placés sur le plancher  $N$ , mais qu'on ne voit pas dans le dessin ; ils sont d'ailleurs exactement semblables à ceux qu'on emploie dans tous les moulins à farine. La largeur des dents de la grande roue  $a$  n'est pas de toute l'épaisseur de la jante ; elles laissent au bord une partie unie d'environ 76 millimètres de large ; ce bord est garni tout autour d'un large cercle de fer qui est fixé par un bout au pilier  $b$ , l'autre étant attaché à un fort levier  $n$ , de manière qu'en pressant sur le levier, le cercle de fer embrasse la roue dentée, et en arrête le mouvement. On peut ralentir le mouvement du moulin, ou l'arrêter entièrement, en ouvrant ou en fermant les planches  $F$  qui enveloppent la roue. Elles sont toutes mues à la fois par un cercle de bois, placé justement au-dessus des extrémités inférieures des planches sur le plancher  $II$ , auquel chaque planche se rattache par un petit anneau de fer ; le cercle de bois est lui-même par une crémaillère et une tige qui descendent dans la chambre basse du moulin, pour la commodité du meunier.

La manière de ramener les ailes contre le vent, inventée par M. Beatson, est peut-être la plus simple et la meilleure qu'il puisse y avoir. Il compose chaque aile  $AI$ , fig. 151, de six ou huit planches mobiles  $AP, b_1, b_1, c_2$ , etc., tournant sur des *charnières* représentées par les lignes noires  $AP, b_1, c_2$ , etc., de sorte que le côté d'en bas  $b_1$  de la première planche dépasse la *charnière* ou le bord d'en haut de la seconde planche, et ainsi de suite. Ainsi, lorsque le vent agit sur l'aile  $AI$ , chaque planche fera effort sur la *charnière* de celle qui est immédiatement placée au-dessous, et toute la surface de la voile sera exposée à son action ; mais si l'aile  $AI$  retourne contre le vent, les planches tourneront sur leurs *charnières*, et ne présenteront au vent que leurs bords, comme on voit en  $EG$ , de sorte que la résistance, occasionnée par le retour de l'aile, doit être considérablement diminuée. La grande supériorité de force, que les ailes donnent dans la position  $AI$ , entretient un mouvement uniforme. En calculant la force du vent sur l'aile  $AI$ , et la résistance qui lui est opposée par les bords des planches en  $EG$ , M. Beatson a trouvé que lorsque la pression sur l'aile est de 850 kilogrammes, la résistance que lui opposent les planches est d'environ 16 kilogrammes et un tiers seulement, ou de  $\frac{1}{32}$  de toute la force ; mais il néglige l'action du vent sur les bras  $CA$ , etc., et sur les *châssis* qui portent les ailes, parce qu'elles présentent la même surface dans la position  $AI$  que dans la position  $EG$ . Cette omission, cependant, tend à nous induire en erreur dans le cas dont il s'agit, comme nous allons nous en convaincre ; car nous devons comparer toute la force qui agit sur les bras, ainsi que sur l'aile, avec toute la résistance que ces bras et les bords des planches opposent au mouvement du moulin à vent. A l'inspection de la figure, on voit que si la force agissant sur les bords des planches, dont M. Beatson porte le nombre à 12, s'élève à 16 kilogrammes, la force qui se consomme sur les *barres*  $CD, DG, FE$ , etc., ne peut être moindre de 27 kilogrammes. Mais puisque ces *barres* reçoivent une impulsion égale lorsque les ailes sont dans la position  $AI$ ,  $850 + 27 = 877$  sera la force imprimée à l'aile  $AI$  et à ses accessoires, tandis que la force contraire agissant sur les *barres* et les bords des planches, quand elles retournent contre le vent, sera  $16 + 27 = 43$ , ce qui fait à peu près  $\frac{1}{20}$  de 877, au lieu de  $\frac{1}{32}$ , suivant le calcul de M. Beatson. D'après cela, il est facile de voir qu'il y aurait plus d'avantages à se servir d'un *paravent* pour garantir de



l'action du vent l'aile qui revient contre sa direction, que d'employer ces planches mobiles, parce qu'il garantira également de l'action du vent sur les bras et la *charpente* qui les supporte.

M. Brewster fait encore la remarque suivante sur la puissance comparative des moulins à vent horizontaux et verticaux : il a déjà été dit que M. Smeaton avait très mal apprécié et jugé les premiers, quand il soutenait qu'ils n'avaient qu'un huitième ou un dixième de la puissance des verticaux. Il observe que lorsque les ailes d'un moulin à vent horizontal et d'un moulin vertical ont les mêmes dimensions, la puissance de celui-ci vaut quatre fois celle du premier, parce que dans le premier cas il n'y a qu'une aile qui reçoit l'impulsion du vent, tandis que dans le second cas elles la reçoivent toutes les quatre. Ceci cependant n'est pas rigoureusement vrai, puisque les ailes verticales sont toutes obliques à la direction du vent.

Supposons donc que l'aire de chaque aile a 10 mètres carrés ; on peut regarder la puissance de l'aile horizontale comme étant  $10 \times \sin.^2 70^\circ$  ( qui est l'angle commun d'inclinaison ) = 88 ou à peu près. Mais, comme il y a quatre ailes verticales, la puissance de toutes ensemble sera  $4 \times 88 = 3,52$  : en sorte que la puissance de l'aile horizontale est à celle des quatre verticales comme 1 est à 3,52, et non comme 1 est à 4, suivant l'opinion de M. Smeaton. De son côté M. Smeaton observe que, si l'on considère tous les désavantages résultant de la difficulté de ramener les ailes contre le vent, il ne faut pas s'étonner que les moulins à vent horizontaux n'aient que  $\frac{1}{8}$  ou  $\frac{1}{10}$  de la force ordinaire. Nous avons déjà vu que la résistance qu'éprouve l'aile à son retour équivaut à  $\frac{1}{20}$  de toute la force reçue ; ainsi, en soustrayant  $\frac{1}{20}$  de  $\frac{1}{3,52}$ , on trouvera que la puissance des moulins à vent horizontaux n'est que  $\frac{1}{4,176}$ , ou un peu plus que le quart de moins que la puissance des verticales. Ce calcul repose sur cette supposition que toute la force agissante sur les ailes verticales est employée à les faire tourner autour de l'axe de mouvement, tandis qu'une partie considérable de cette force se perd dans la pression qu'éprouve l'axe sur son tourillon. Cette circonstance a échappé à l'attention de M. Smeaton ; autrement aurait-il jamais soutenu que la puissance des quatre ailes verticales était quadruple de celle d'une seule aile horizontale, toutes ayant la même dimension ? Faisant entrer cette circonstance dans notre calcul, nous ne nous écarterons pas beaucoup de la vérité en disant que, en théorie, sinon en pratique, la puissance d'un moulin à vent horizontal est environ le tiers ou le quart de la puissance du moulin à vent vertical, lorsque la quantité de surface et la forme des ailes sont les mêmes des deux côtés, et quand toutes les parties des ailes horizontales sont à la même distance de l'axe de mouvement que les parties correspondantes des ailes verticales. Mais si les ailes horizontales se trouvent dans la position A I, E G dans la fig. 151, au lieu de la position C A d m, C D o n, leur effet sera considérablement augmenté, la quantité de surface étant la même ; parce que la partie C P 3 m étant transportée en

† Les ailes des moulins à vent horizontaux sont quelquefois fixées sur la circonférence d'un gros tambour ou cylindre, de la même manière que les aubes d'une roue à eau. Ces ailes se meuvent sur des charnières, et sont orientées à angles droits avec le cylindre, quand elles doivent recevoir l'impulsion du vent ; et quand elles se retournent contre lui, elles se plient sur sa circonférence.

B I 3 *d*, acquiert beaucoup plus de force pour tourner les ailes. Possédant ainsi un moyen d'augmenter l'effet des ailes horizontales, moyen qu'on ne peut appliquer aux ailes verticales, nous engageons beaucoup à tenter tous les moyens d'en perfectionner la construction, résultat qui serait non seulement louable, mais d'une grande utilité pour un pays commerçant. — Voyez le précieux appendice du docteur Brewster au *Cours* de Ferguson.

## MOULINS A FARINE.

Nous avons donné dans la fig. 152 une coupe d'un moulin à farine double, empruntée, ainsi que l'explication suivante, à M. Gray, constructeur expérimenté.

A A roue à eau. BB son axe. CC roue fixée sur le même axe, garnie de 90 dents pour faire tourner le pignon n° 1, qui porte 23 dents, et qui est placé sur l'axe vertical D. N° 2, roue fixée sur l'axe D, garnie de 82 dents, faisant tourner les deux pignons F, F, ayant chacun 15 dents; ils sont placés sur les axes en fer qui portent les deux meules supérieures. E E la poutre appelée *sablère*, qui supporte la *charpente* sur laquelle reposent les meules inférieures. G G les *cases* ou *boîtes* qui enveloppent les meules supérieures; elles doivent être à environ 51 millimètres de distance tout autour de la pierre. T T sont les appuis sur lesquels tourne l'extrémité des axes de fer qui supportent les meules mobiles. Ces axes traversent les meules inférieures, dans lesquelles sont fixés des morceaux de bois, pour faire tourner dedans leurs bouts supérieurs. Le sommet des axes au-dessus de chaque meule est de forme carrée, et pénètre dans un trou carré, pratiqué dans une croix de fer fixée dans des rainures ménagées au milieu de la surface inférieure de la meule supérieure. Par ce moyen, cette meule est forcée de tourner en même temps que les lanternes F, F, lorsqu'elles sont mises en mouvement par la roue n° 2; une extrémité des appuis T, T, entre dans des mortaises pratiquées dans des avances fixes, et l'autre bout dans des mortaises entaillées dans les *porteurs*, qui tournent par un bout sur des *boulons* de fer, les autres bouts étant *suspendus* par des *verges* de fer, ayant des écrous vissés tels que U U; de sorte qu'en tournant, soit en avant, soit en arrière, ils élèvent ou abaissent les meules supérieures selon que le meunier le juge à propos. S, S, sont les trémies; à la partie inférieure de chacune est une espèce de trappe qui en ouvre et ferme l'entrée. Cette trappe est ouverte ou fermée par une tige en fer frappée continuellement par quatre branches également en fer; de telle sorte que le blé descend constamment des trémies, et tombe entre les meules en passant par le trou ou œil placé au centre de la meule supérieure. Par le mouvement circulaire de cette meule, le grain acquiert une force centrifuge qui le fait avancer graduellement de l'*œil* de la meule vers la circonférence; il arrive ainsi à être réduit en farine. R P l'écluse, la machine et la manivelle pour lever l'écluse, qui fournit de l'eau à la roue A. N° 3 est une roue fixée sur l'axe D, garnie de 44 dents pour faire tourner le pignon n° 4, ayant 15 dents, qui est attaché sur l'axe horizontal H; sur cet axe est aussi fixée la fusée K, sur laquelle passent les deux cordes sans fin qui font agir la machine à bluter,

et le crible en fil de fer qui sert à séparer les grains de la poussière. L est un axe de fer dans le bout inférieur duquel est une embase carrée qui prend dans un carré au sommet du tourillon de l'axe vertical D. Il y a un pignon M de 9 dents, fixé à l'extrémité supérieure de l'axe L, pour faire tourner la roue M M, garnie de 48 dents, qui est établie sur l'axe autour duquel se roule la corde Z Z pour faire monter les sacs de farine dans l'endroit où sont les meules. En tirant un peu la corde O O, la roue M M et son axe entrent en mouvement, parce que cette roue et son axe tournent horizontalement jusqu'à ce que les dents de la roue rencontrent celles du pignon placé au sommet de l'axe L ; et au contraire, en tirant la corde P P, la roue M avec son axe tournent dans une direction horizontale contraire, jusqu'à ce qu'ils soient désengrenés d'avec le pignon, et que le mouvement de rotation de cette roue s'arrête. Mais quand le sac de farine est monté jusqu'au levier Q, il relève ce bout du levier, et par conséquent abaisse l'autre bout, au moyen de quoi le pignon M est dégagé ; et alors cette partie de la machine s'arrête d'elle-même. N N sont deux grandes trémies dans lesquelles on jette le grain nettoyé pour le faire descendre vers les trémies S S, posées sur la *charpente* immédiatement au-dessus des meules. W W est le mur latéral du moulin, V les chevrons formant la charpente du toit ; XX des croisées pour éclairer le moulin.

La fig. 153 représente la surface de la meule inférieure ainsi que la disposition des cannelures qui sont tracées sur sa surface. On y voit aussi le morceau de bois fixé au milieu du trou, dans lequel tourne l'extrémité supérieure de l'axe de fer, et la trace de l'enveloppe qui ceint la meule d'en haut, qui doit être à 5 centimètres de la meule dans toute sa circonférence.

La fig. 154 est le plan de la meule supérieure qui moule, avec la croix de fer, au milieu de laquelle est un trou carré dans lequel entre la partie carrée de l'axe de fer qui donne le mouvement à la meule. Quand les côtés ou faces agissantes des meules sont posées l'une à côté de l'autre, les cannelures doivent avoir la même direction dans toutes les deux, de sorte que lorsque la meule supérieure est *retournée*, et que sa surface repose sur celle inférieure, alors les cannelures peuvent se croiser, ce qui aide à mouler et à faire sortir la farine, les bords *tranchants* des deux sillons coupant l'un contre l'autre comme des ciseaux ; les cannelures sont aussi *alignées* selon la manière dont la meule supérieure tourne. Dans celles représentées par les figures, on suppose que la meule *mobile* ou *courante* tourne de gauche à droite, ce qu'on appelle moulin à droite ; mais si la meule tourne dans l'autre sens, les cannelures doivent être taillées à rebours de celle-ci, et alors le moulin s'appelle moulin à gauche.

Les meules remplissent une fonction très importante dans les moulins, parce que c'est d'elles principalement que dépend la qualité de la farine ; c'est pourquoi nous nous faisons un devoir de rapporter ici l'opinion de M. Ferguson à ce sujet, ainsi que quelques remarques ajoutées par son éditeur, le docteur Brewster.

#### DES MEULES DE MOULIN.

Plus la meule mobile est pesante, et plus la quantité d'eau qui tombe sur la roue doit être grande ; plus le moulin demandera à être alimenté de blé, et

conséquemment il moudra davantage. Au contraire, plus la pierre est légère, moins il faudra d'eau, et moins il moudra de blé. Quand la meule est usée, et qu'elle devient légère, il faut nourrir le moulin lentement ; autrement la meule se trouverait trop exhaussée par le grain qui est dessous, ce qui produirait de la grosse farine.

La force nécessaire pour faire tourner une meule pesante excède de peu celle qu'il faut pour en faire tourner une légère ; car, comme elle est supportée sur l'arbre que soutient l'appui T, et que le bout de l'axe qui tourne dans le coussinet en cuivre est très petit, les inégalités provenant du poids sont très légères dans leur action contre la puissance ou la force de l'eau. D'ailleurs une meule pesante a le même avantage qu'un *volant* pesant, celui de régler le mouvement beaucoup mieux qu'une légère.

Pour moudre le blé, les meules supérieures et inférieures sont taillées en sillons dirigés obliquement du centre vers la circonférence ; ces sillons sont taillés perpendiculairement d'un côté et obliquement de l'autre dans la meule ; ce qui donne un tranchant à chaque sillon : ils se rencontrent quand les deux meules tournent, comme les lames d'une paire de ciseaux, et coupent le grain pour qu'il s'écrase plus facilement quand il tombe sur les parties qui séparent les *sillons*. Ils doivent être taillés dans le même sens sur les deux meules lorsqu'elles sont posées l'une à côté de l'autre ; ils se croisent lorsque la meule supérieure est retournée et placée sur l'inférieure ; autrement le grain sortirait d'entre les meules sans être moulu.

Lorsqu'un long usage a émoussé, approfondi les *sillons*, il faut relever la meule mobile, et repiquer les deux meules avec un ciseau et un marteau ; toutes les fois qu'on relève la meule, il faut mettre du suif autour de l'axe et sur le morceau de bois ; la chaleur que l'axe acquiert en tournant, et par le frottement contre le morceau de bois, fera fondre ce suif, qui pénétrera entre eux ; autrement le bois ne tarderait pas à s'enflammer.

Le morceau de bois doit embrasser l'axe étroitement, pour empêcher dans le mouvement toute secousse dont il résulterait que les meules sur de certains points frotteraient rudement l'une contre l'autre, tandis que sur d'autres elles se trouveraient trop éloignées, et que par conséquent le grain serait mal moulu.

Dès que l'axe a usé le morceau de bois au point de n'y être plus suffisamment affermi, il faut enlever la meule, et pratiquer avec le ciseau dans le morceau de bois différentes ouvertures qu'on remplit avec des coins ; au moyen de quoi, tout intervalle disparaissant entre le bouchon et l'axe, ils se trouvent de nouveau fortement assujettis l'un dans l'autre. Il faut toutefois, dans cette opération, avoir grand soin que les coins en opposition les uns avec les autres de chaque côté de l'axe soient égaux ; car autrement l'axe dévierait de la perpendiculaire, et il deviendrait impossible de placer parallèlement la meule supérieure sur l'inférieure ; ce qui pourtant est nécessaire pour que la machine puisse fonctionner. Si pareil accident survenait, il faudrait, pour remettre l'axe dans une position verticale, ajuster l'arbre T au moyen de coins intercalés entre *lui* et le *broyeur*.

Il arrive souvent qu'en plaçant la meule supérieure sur le rebord, on le force, c'est-à-dire qu'on le fait pencher un peu plus d'un côté de l'axe que de l'autre : d'où il résulte que la meule supérieure se traîne sur un seul point de sa circon-

férence autour de l'autre. Pour y remédier, on n'a qu'à soulever un peu la meule avec un levier, et intercaler des morceaux de papier ou de carte entre le rebord et la meule.

Le diamètre de la meule supérieure est en général d'environ 1<sup>m</sup>80, celui de la meule inférieure est de 25 millimètres plus large. Lorsqu'elle est neuve, la meule supérieure contient environ 60 centièmes de mètre cube, dont le poids équivaut à 8,600 kilogrammes. Une meule de ce diamètre ne doit pas faire plus de 60 tours par minute; car si elle tournait plus vite, elle échaufferait la farine.

La surface de la meule inférieure va un peu en s'élevant de la circonférence au centre; mais il n'en est pas de même de celle de dessus, qui au contraire est un peu concave; de sorte que dans le milieu elles sont séparées par un certain intervalle, qui diminue graduellement, jusqu'à ce qu'enfin à la circonférence il disparaisse. De cette manière, le grain en tombant d'abord entre les deux roues est simplement froissé, mais se trouve de plus en plus réduit à mesure qu'il approche de la circonférence, et finalement il est entièrement moulu quand il sort d'entre les meules <sup>1</sup>.

Quand les aspérités des meules sont usées et qu'on les *rhabille*, il faut avoir soin d'enlever partout une même épaisseur, de façon que la convexité de l'une et la concavité de l'autre soient les mêmes que lors que les meules étaient neuves. D'un autre côté, le poids de la meule supérieure devant être toujours le même, si l'on n'en change pas la vitesse, il sera nécessaire d'y ajouter un poids égal à celui de la matière qu'elle a perdue par le *rhabillage*. Pour y parvenir plus facilement, on pourra la couvrir d'une couche de plâtre du même diamètre que celui de la pierre enlevée, et d'autant plus épaisse que cette couche de pierre, que la pesanteur spécifique de la pierre l'emporte sur celle du plâtre. Pour que le lecteur puisse se faire une idée de la manière dont sont disposées les rainures, nous avons, dans la figure 154, donné une représentation de la surface inférieure de la meule de dessus, en supposant qu'elle tourne de gauche à droite. Si la meule tournait dans un autre sens, il faudrait également changer les dispositions des rainures.

La figure 156 nous représente une coupe de la meule, de l'axe et de la lanterne. La meule inférieure M P H G peut avoir une épaisseur quelconque, attendu qu'elle demeure constamment immobile. Sa surface supérieure doit être conique; le point *b* doit s'élever d'environ 25 millimètres au-dessus de la ligne horizontale P R; M *a*, P *b*, qui sont les arêtes de ce cône, sont des lignes droites. La meule supérieure E F P M, fixée à l'axe C D en *c*, et que celui-ci entraîne dans son mouvement de rotation, doit toujours être creusée de manière que l'angle O M *a* formé par la surface inférieure soit de telle grandeur que, prenant O *a* égal à *n* M, *n b* soit égal à l'épaisseur d'un grain de blé. Le diamètre de l'œil de la meule *m* C doit être de 20 à 36 centimètres; et

<sup>1</sup> La meule supérieure, quand elle a 1<sup>m</sup>80 de diamètre, se creuse généralement de 25 millimètres au centre, tandis que celle de dessous s'élève au contraire d'environ 18 millimètres. Le grain qui tombe de la trémie se loge entre elles deux, et ne commence à être moulu que quand il arrive aux deux tiers du rayon, l'intervalle qui les sépare se trouve là égal aux deux tiers ou aux trois quarts de l'épaisseur d'un grain de blé. On peut toutefois changer à volonté cette distance, en élevant ou abaissant la meule supérieure.

le poids de la meule supérieure E P, joint au poids de l'axe C D et de la lanterne  $x$  (lesquels poids réunis forment ce qu'on appelle l'équipage de la meule tournante), ne devrait jamais être de moins de 700 kilogrammes; sinon la résistance du grain soulèverait la pierre, qui alors ne mouerait plus assez fin.

Pour trouver le poids de l'équipage, divisez le tiers du rayon du tourillon par le rayon de la roue à eau qu'il supporte; puis de 2,25 soustrayant le quotient, multipliez le reste par la dépense de la source, par la chute relative, et par le nombre 0,171: vous aurez une première quantité que vous pourrez regarder comme des kilogrammes: Multipliez la racine carrée de la chute relative par le poids de l'arbre de la roue à eau, par le rayon de son tourillon, puis par le nombre 67,91, et vous obtiendrez une seconde quantité qui représentera également des kilogrammes. Divisez le  $\frac{1}{3}$  du rayon du tourillon par le rayon de la roue à eau, après avoir augmenté le quotient d'une unité, multipliez la somme par 1005, et vous obtiendrez une troisième quantité. Retranchez la seconde quantité de la première, divisez le reste par la troisième, et le quotient exprimera le nombre de kilogrammes que pèse l'équipage de la meule.

Le poids de l'équipage ainsi trouvé, extrayez-en la racine, et multipliez-la par 017; ce qui vous donnera pour produit le rayon de la meule en mètres.

Pour trouver le poids et l'épaisseur de la meule supérieure, voici quelle est la marche à suivre:

1° Pour trouver le poids d'une quantité de pierre égale à l'œil de la meule, prenez une quantité convenable pour le poids de l'axe C D, de la lanterne X, puis soustrayez cette quantité du poids de l'équipage, vous aurez un premier nombre. Trouvez l'aire de l'œil de la meule, et multipliez-le par le poids d'un mètre cube de pierre de la même nature que celle de la meule, et de cette manière vous obtiendrez un second nombre. Multipliez l'aire de la meule par le poids d'un mètre cube de pierre de même nature, et vous aurez un troisième nombre. Multipliez alors le premier par le second, divisez le produit par le troisième, et le quotient sera le poids demandé.

2° Pour trouver le nombre de mètres cubes dont se compose la meule tournante, en supposant qu'elle n'ait point d'œil, soustrayez du poids de l'axe et de la lanterne la quantité que vous venez d'obtenir par la règle précédente, et vous aurez le premier nombre. Retranchez ce premier nombre du poids de l'équipage, et vous obtiendrez le second. Divisez ce second par le poids d'un mètre cube de pierre de même nature, et vous aurez pour quotient le nombre de mètres cubes contenus dans E M P R, en supposant que m C soit plein.

3° Pour trouver les quantités  $m N$  et E M, c'est-à-dire l'épaisseur de la meule au centre et à la circonférence, divisez la solidité de la meule (trouvée par la règle précédente) par son aire, et ce sera la première quantité. Ajoutez  $b R$ , qui est en général de 25 millimètres, à deux fois le diamètre d'un grain de blé, vous aurez la seconde quantité. Ajoutez la première quantité à un tiers de la seconde, et vous aurez pour somme l'épaisseur de la meule à sa circonférence. Retranchez le tiers de la seconde quantité de la première, et le reste sera l'épaisseur de la meule prise au centre.

Le volume de la meule ainsi trouvé, il ne nous reste plus qu'à en déterminer la vitesse. M. Fabre observe que la farine n'est jamais si bonne que lorsqu'une meule de 1<sup>m</sup>52 de diamètre fait de 48 à 61 tours par minute.

M. Ferguson accorde 60 tours à une meule de 1<sup>m</sup>82 de diamètre; et M. Imison 120 à une meule de 1<sup>m</sup>37 de diamètre. La farine qui sort des moulins de M. Imison doit être par conséquent d'une qualité très inférieure; car il est impossible qu'elle ne soit pas échauffée par la rapidité du mouvement; mais, d'un autre côté, il y a perte de temps à ne pas donner à la meule plus de vitesse que ne font MM. Fabre et Ferguson. Dans les meilleurs moulins de l'Angleterre, une meule de 1<sup>m</sup>52 de diamètre fait 90 tours par minute. En partant de cette donnée, le nombre de révolutions que doivent faire par minute des meules de différentes grandeurs deviendra facile à trouver, en divisant 150 par le diamètre de la meule exprimé en mètres.

L'axe *c D*, dont la longueur est ordinairement de 1<sup>m</sup>82, peut être de fer ou de bois; quand il est de fer, et que la meule pèse 3427 kilogrammes, il a en général 76 millimètres de diamètre, et 25 à 28 centimètres quand il est en bois. La proportion de l'axe à la meule, quelle que soit sa dimension, est facile à établir; c'est-à-dire, qu'il est toujours en raison de la racine carrée du poids de la meule, ou, ce qui est à peu près la même chose, de son équipage.

Le plus grand diamètre du pivot *D*, sur lequel porte la meule, doit toujours être en proportion de la racine carrée de l'équipage; un pivot de 12 à 13 millimètres de diamètre étant en état de supporter un équipage de 2,450 kilogrammes. En général, un défaut commun à presque toutes les machines, c'est que leurs pivots sont d'un beaucoup plus grand diamètre que ne l'exige le poids qu'ils ont à porter. Aussi le frottement est augmenté, et le travail de la machine ralenti.

L'arbre *B B*, qui communique le mouvement à la roue à eau, a généralement de 2<sup>m</sup>43 à 3<sup>m</sup>05 de longueur, et devrait toujours être élastique, de manière à ce qu'il pût céder aux mouvements oscillatoires de la meule: s'il a 2<sup>m</sup>74, et que l'équipage pèse 2,333 kilogrammes, il doit avoir 15 centimètres carrés; et si, sans en changer la longueur, l'équipage varie, il faut que l'épaisseur de cet arbre soit proportionnée à la racine carrée de l'équipage.

Quelque simple que soit le mécanisme d'un moulin à farine, il exige de la part des meuniers beaucoup d'attention et d'expérience; c'est pourquoi nous allons signaler à leur vigilance les principaux points qui en doivent devenir l'objet.

Le blé qui croît en Essex et en Kent est celui qui donne la meilleure farine. Dans le choix du blé, il faut surtout veiller à ce qu'il soit sans mélange, et à ce que l'enveloppe qui le recouvre ne soit pas trop épaisse. Le bon froment se connaît au poids: il doit donner 4 kilogrammes par double décalitre. Pour en obtenir de la bonne farine, il convient qu'il soit vanné avant de le mettre dans le moulin.

Le meunier juge de la qualité de la farine au tact, et selon qu'il la trouve trop fine ou trop grosse, il règle la meule supérieure, et augmente ou diminue la quantité de grain. La farine sous la meule acquiert toujours un certain degré de chaleur; il faut prendre garde que cette chaleur n'augmente, car la farine se détériorerait.

La préparation de la farine est la chose la plus importante, et l'on n'y saurait apporter trop de soin. Le son doit se détacher en larges paillettes

et sans farine. Le bon froment bien moulu donne environ 1,700 grammes par double décalitre.

Lorsqu'on passe la farine, on se guide sur le son pour savoir si l'on n'admet pas une trop grande quantité de farine sur la machine. Il faut avoir soin que la brosse soit vissée tout près de l'extrémité de cette machine.

On calcule que les meules françaises de 1<sup>m</sup>22 de diamètre peuvent mou-dre 180 litres par heure.

M. Thomas Fenwick, auteur de quatre essais sur la mécanique pratique, a fait nombre d'expériences sur les meilleurs moulins à farine, dans le but de former, sur des observations pratiques, des tables indicatives de l'effet d'une certaine quantité d'eau en un temps donné, agissant sur une roue en dessus d'une dimension donnée.

La quantité d'eau dépensée par la roue a toujours été mesurée avec la plus grande exactitude; le grain était dans un état moyen de sécheresse, les moulins, dans toutes leurs parties, fonctionnaient avec une activité moyenne, et les meules de 1<sup>m</sup>22 à 1<sup>m</sup>52 de diamètre faisaient de 90 à 100 tours par minute.

Il résulta de ces expériences que la force nécessaire pour élever un poids de 136 kilogrammes avec une vitesse de 57<sup>m</sup> 95 par minute, moudrait un *boll* (1,41 hectolitre) de bon seigle en une heure. Mais pour rendre les tables suivantes admissibles dans la pratique, où la construction n'est jamais sans quelque imperfection, il partit de 136 kilogrammes, élevés avec une vitesse de 63<sup>m</sup>75 par minute (c'est-à-dire  $\frac{1}{10}$  de plus), et pour mou-dre deux, trois, quatre et cinq *bolles* par heure, il établit qu'il fallait une puissance égale à celle nécessaire pour élever 136 kilogrammes avec une vitesse de 106<sup>m</sup>75, 155<sup>m</sup>33, 206<sup>m</sup>48, et 263<sup>m</sup>82 par minute respectivement.

Après avoir fait quelques expériences pour connaître exactement le frottement du moulin quand il marche avec une vitesse suffisante pour mou-dre deux *bolles* (2,82 hectolitres) de blé par heure, il rapporta la manière dont il s'y prit, afin que le lecteur lui-même soit en état de juger de l'exactitude de ses opérations.

Il fit retirer tout le grain qui pouvait se trouver dans le moulin, et on souleva la meule supérieure de manière à ce que, dans son mouvement de rotation, elle ne touchait que légèrement l'autre meule. On lâcha alors sur la roue à eau une quantité d'eau telle qu'elle lui donnait, quand le moulin était vide, la même vitesse que lorsqu'il pouvait moudre deux *bolles* (2,82 hectolitres) par heure. Cette quantité d'eau était suffisante pour lever 136 kilogrammes avec une vitesse de 30<sup>m</sup>48 par minute; ce qu'il regarda comme la mesure du frottement. Or, comme la force nécessaire pour mou-dre deux *bolles* par heure, en y comprenant le frottement du moulin, est égale à celle nécessaire pour soulever 136 kilogrammes avec une vitesse de 106<sup>m</sup>75 par minute, et que le frottement des parties en mouvement est égal à une force qui enlèverait 136 kilogrammes avec une vitesse de 30<sup>m</sup>48 par minute, il en conclut que la différence entre les deux, qui est 136 kilo-grammes, élevés avec une vitesse de 76<sup>m</sup>27 par minute, est égale à la force employée à mou-dre, ou aux  $\frac{2}{3}$  environ du tout.

Une force capable d'élever un poids de 136 kilogrammes avec une vitesse



de 118<sup>m</sup>95 par minute, préparera convenablement un tonneau de chiffons par semaine pour la fabrication du papier. Pour préparer deux tonneaux de la même matière par semaine, il faut une force capable d'élever 136 kilogrammes avec une vitesse de 160<sup>m</sup>12 par minute, le moulin travaillant de 10 à 12 heures par jour.

TABLES

*Indiquant : 1° la quantité d'eau nécessaire pour moudre différentes quantités de blé, depuis 141 jusqu'à 705 litres, au moyen de roues à eau en dessus, de 3<sup>m</sup>05 à 9<sup>m</sup>75 de diamètre ; 2° la dimension du cylindre nécessaire dans une machine à vapeur pour faire le même ouvrage <sup>1</sup>.*

Roue à eau de 3 <sup>m</sup> 05 de diamètre.		Roue à eau de 3 <sup>m</sup> 355 de diamètre.		Roue à eau de 3 <sup>m</sup> 66 de diamètre.		Roue à eau de 4 <sup>m</sup> 27 de diamètre.	
Blé moulu par heure.	Eau dépensée par minute.	Blé moulu par heure.	Eau dépensée par minute.	Blé moulu par heure.	Eau dépensée par minute.	Blé moulu par heure.	Eau dépensée par minute.
litres.	hect.	litres.	hect.	litres.	hect.	litres.	hect.
141	35,68	141	32,01	141	29,74	141	25,61
211,5	47,94	211,5	42,90	211,5	39,63	211,5	33,60
282	60,88	282	53,93	282	49,53	282	42,09
352,5	73,40	352,5	66,01	352,5	60,97	352,5	51,76
423	85,99	423	78,22	423	71,55	423	61,33
493,5	100,79	493,5	91,44	493,5	83,54	493,5	71,87
564	115,36	564	104,69	564	96,11	564	82,22
634,5	131,25	634,5	119,22	634,5	109,32	634,5	93,52
705	147,49	705	133,66	705	122,58	705	104,69

Roue à eau de 3 <sup>m</sup> 96 de diamètre.		Roue à eau de 4 <sup>m</sup> 57 de diamètre.		Roue à eau de 4 <sup>m</sup> 87 de diamètre.		Roue à eau de 5 <sup>m</sup> 18 de diamètre.	
Blé moulu par heure.	Eau dépensée par minute.	Blé moulu par heure.	Eau dépensée par minute.	Blé moulu par heure.	Eau dépensée par minute.	Blé moulu par heure.	Eau dépensée par minute.
litres.	hect.	litres.	hect.	litres.	hect.	litres.	hect.
141	27,51	141	24,29	141	22,29	141	20,79
211,5	36,59	211,5	32,23	211,5	29,51	211,5	28,51
282	45,81	282	40,59	282	36,82	282	34,96
352,5	56,02	352,5	49,49	352,5	45,08	352,5	42,81
423	66,19	423	58,57	423	53,39	423	50,71
493,5	77,41	493,5	68,24	493,5	62,65	493,5	59,02
564	89,62	564	77,85	564	71,82	564	69,08
634,5	100,92	634,5	89,30	634,5	81,81	634,5	76,95
705	113,23	705	100,38	705	91,84	705	86,53

<sup>1</sup> Cette série d'expériences a été faite en Angleterre. L'unité de mesure adoptée pour le blé était le *boll*, qui vaut 141 litres, et pour l'eau employée, le *gallon*, qui équivaut à 4 litres 54 centièmes.

## LE MÉCANICIEN ANGLAIS.

Roue à eau de 5 <sup>m</sup> 48 de diamètre.		Roue à eau de 5 <sup>m</sup> 79 de diamètre.		Roue à eau de 6 <sup>m</sup> 09 de diamètre.		Roue à eau de 6 <sup>m</sup> 40 de diamètre.	
Blé moulu par heure.	Eau dépensée par minute.	Blé moulu par heure.	Eau dépensée par minute.	Blé moulu par heure.	Eau dépensée par minute.	Blé moulu par heure.	Eau dépensée par minute.
litres.	hect.	litres.	hect.	litres.	hect.	litres.	hect.
141	18,61	141	18,66	141	17,80	141	16,80
211,5	27,01	211,5	24,97	211,5	24,06	211,5	22,71
282	33,14	282	31,33	282	30,64	282	28,83
352,5	39,04	352,5	36,36	352,5	36,68	352,5	34,82
423	47,85	423	45,43	423	42,90	423	40,86
493,5	55,71	493,5	52,89	493,5	50,39	493,5	48,12
564	63,56	564	60,38	564	57,66	564	55,03
634,5	72,64	634,5	68,87	634,5	65,60	634,5	61,51
705	81,72	705	77,50	705	73,68	705	70,23

Roue à eau de 6 <sup>m</sup> 70 de diamètre.		Roue à eau de 7 <sup>m</sup> 01 de diamètre.		Roue à eau de 7 <sup>m</sup> 31 de diamètre.		Roue à eau de 7 <sup>m</sup> 62 de diamètre.	
Blé moulu par heure.	Eau dépensée par minute.	Blé moulu par heure.	Eau dépensée par minute.	Blé moulu par heure.	Eau dépensée par minute.	Blé moulu par heure.	Eau dépensée par minute.
litres.	hect.	litres.	hect.	litres.	hect.	litres.	hect.
141	15,89	141	15,35	141	14,85	141	14,35
211,5	21,37	211,5	20,61	211,5	19,60	211,5	18,98
282	26,97	282	25,88	282	24,74	282	23,61
352,5	32,78	352,5	32,12	352,5	34,50	352,5	28,83
423	39,04	423	37,31	423	35,78	423	34,14
493,5	45,72	493,5	43,77	493,5	41,77	493,5	39,77
564	52,35	564	51,03	564	47,67	564	44,72
634,5	59,61	634,5	57,11	634,5	54,66	634,5	52,21
705	66,83	705	64,11	705	61,29	705	59,02

Roue à eau de 7 <sup>m</sup> 92 de diamètre.		Roue à eau de 8 <sup>m</sup> 24 de diamètre.		Roue à eau de 8 <sup>m</sup> 53 de diamètre.		Roue à eau de 8 <sup>m</sup> 84 de diamètre.	
Blé moulu par heure.	Eau dépensée par minute.	Blé moulu par heure.	Eau dépensée par minute.	Blé moulu par heure.	Eau dépensée par minute.	Blé moulu par heure.	Eau dépensée par minute.
litres.	hect.	litres.	hect.	litres.	hect.	litres.	hect.
141	13,76	141	13,30	141	12,80	141	12,44
211,5	18,30	211,5	17,48	211,5	16,80	211,5	16,48
282	22,88	282	21,88	282	21,02	282	20,65
352,5	28,01	352,5	26,92	352,5	25,88	352,5	25,59
423	33,14	423	31,92	423	30,69	423	29,96
493,5	38,68	493,5	44,39	493,5	35,91	493,5	34,96
564	44,27	564	42,68	564	41,09	564	39,95
634,5	50,44	634,5	48,58	634,5	46,76	634,5	45,63
705	56,51	705	54,48	705	52,35	705	51,30

Roue à eau de 0 <sup>m</sup> 14 de diamètre.		Roue à eau de 0 <sup>m</sup> 45 de diamètre.		Roue à eau de 0 <sup>m</sup> 75 de diamètre.	
Blé moulu par heure.	Eau dépensée par minute.	Blé moulu par heure.	Eau dépensée par minute.	Blé moulu par heure.	Eau dépensée par minute.
litres.	hect.	litres.	hect.	litres.	hect.
141	12,12	141	11,62	141	11,12
211,5	16,12	211,5	15,44	211,5	14,76
282	20,29	282	19,34	282	18,43
352,5	24,74	352,5	23,61	352,5	22,52
423	29,28	423	28,15	423	26,70
493,5	34,05	493,5	32,45	493,5	31,33
564	38,95	564	37,55	564	28,84
634,5	44,63	634,5	42,68	634,5	40,88
705	50,21	705	48,03	705	45,95

Afin de pouvoir faire l'application des tables précédentes à des moulins destinés à être mus par des roues à eau en dessous ou de côté, il faut comparer les effets de ces deux espèces de roues : d'après les expériences de M. Smeaton, il paraît que la force exigée pour qu'une roue en dessous produise le même effet qu'une roue en dessus (à laquelle les tables s'appliquent) est dans la proportion de 2,4 à 1 ; et la force nécessaire pour qu'une roue de côté, recevant sur un point déterminé de sa circonférence l'eau qui descend ensuite sur les aubes, produise le même effet qu'une roue en dessus, est dans la proportion de 1,75 à 1.

### TABLE

*Indiquant la dimension que doit avoir le cylindre d'une machine à vapeur ordinaire, capable de moudre différentes quantités de blé, de 141 à 1692 litres par heure.*

Blé moulu par heure.	Diamètre du cylindre de la machine capable de produire l'effet demandé.	Blé moulu par heure.	Diamètre du cylindre de la machine capable de produire l'effet demandé.	Blé moulu par heure.	Diamètre du cylindre de la machine capable de produire l'effet demandé.
litres.		litres.		litres.	
141	0 <sup>m</sup> 318	705	0 <sup>m</sup> 667	1269	0 <sup>m</sup> 869
211,5	0 351	775,5	0 692	1339,5	0 895
282	0 426	846	0 714	1410	0 914
352,5	0 470	916,5	0 737	1480,5	0 947
423	0 513	987	0 757	1551	0 965
493,5	0 553	1057,5	0 790	1621,5	0 986
564	0 591	1128	0 813	1692	1 000
634,5	0 629	1198,5	0 846		

N. B. Cette table s'applique également à la machine à vapeur perfectionnée, comme à celle qui ne l'est pas, dès qu'on connaît le rapport de leurs puissances.

## MOULIN ET BLUTOIR A BRAS, DIT DE MÉNAGE.

Comme il est une foule d'occasions dans lesquelles le moulin et le blutoir à bras de ménage peuvent être de la plus grande utilité, nous donnerons quelques explications sur un ou deux de ces appareils. Nous parlerons d'abord de celui qu'inventa M. Rustall, de Purbrookheath, qui reçut à ce sujet de la Société des Arts un prix de 40 guinées ( 1040 francs ).

La figure 157 représente l'élévation de ce moulin : A est le manche ou la manivelle au moyen de laquelle on met les meules en mouvement ; B une meule d'environ 76 centimètres de diamètre, et 12 et demi d'épaisseur, tournant sur son axe C ; D est l'autre meule, qui, pour le service, reste fixe, mais qui peut s'éloigner ou se rapprocher de l'autre au moyen de trois vis fixées dans le montant E, et sur lequel s'appuie une extrémité de l'axe C. Au dessus des meules, est placée une trémie F qui fournit le grain au moulin. A cet effet deux chevilles de fer placées sur l'axe C agitent la trémie F et élèvent alternativement le vase qui contient le grain ; celui-ci retombe ensuite par son propre poids. Le résultat de ce mouvement est de conduire le blé par un canal qui part de la trémie, et qui aboutit par derrière au centre du moulin. Une trappe G règle la quantité de blé qui tombe dans le moulin, et en laisse passer plus ou moins, selon qu'on l'élève ou l'abaisse. H, réservoir de la farine, dans lequel elle tombe en sortant d'entre les meules. I, l'un des supports de bois sur lesquels porte la meule fixe D ; ces supports sont vissés au bloc E, et entaillés dans la charpente inférieure en K, liée par les chevilles L, L, L, au moyen desquelles le moulin entier devient facile à démonter. M, volant placé à l'extrémité la plus éloignée de l'axe C, et auquel on peut au besoin adapter une autre manivelle. N, petite grille servant à maintenir la trémie en place, la partie la plus éloignée de cette trémie porte sur une petite cheville, qui permet un mouvement suffisant pour que la trémie chasse le blé en avant. O, gousset destiné à affermir la charpente du moulin. P, le pied droit qui est embreuvé dans la charpente, et sert de point d'appui à l'extrémité de l'axe de fer C. A chaque extrémité de cet axe est un épaulement, qui l'assujettit. Enfin il y a une espèce de sac d'étoffe fixé au-dessus des meules à un grand cerceau, destiné à retenir les particules de farine que pourrait enlever le vent produit par le mouvement du moulin.

La figure 158 laisse voir à découvert la structure intérieure du blutoir, dont on a supprimé la partie de devant. La machine a 1<sup>m</sup> 17 de long, 49 centimètres de large, et 45 de hauteur. A est une partie mobile, glissant d'environ 1<sup>m</sup> 20 en avant ou en arrière du centre de la caisse, sur deux coulisses de bois fixées à l'avant et à l'arrière de la caisse, et dont l'une est indiquée à la lettre B. C, couvercle du blutoir. D, curseur se mouvant dans une rainure pratiquée dans le couvercle au moyen de deux manches placés en arrière du couvercle ; E, fourchette de fer fixée dans le curseur D, qui prend le tamis F, et le fait mouvoir en avant et en arrière sur les coulisses B, selon le mouvement du curseur. G, séparation en bois qui divise la caisse en deux compartiments, afin de séparer la farine fine de la grosse. A partir de cette séparation le curseur A se meut d'environ 10 centimètres de chaque côté, et laisse ainsi une

place suffisante pour faire mouvoir le tamis. H, planche parallèle au fond du blutoir, et formant une partie du curseur A; cette planche empêche que la farine passée au tamis ne tombe dans l'autre compartiment. I, pieds supportant le blutoir.

Fig. 159. Vue en plan du couvercle du blutoir. R, curseur se mouvant le long du blutoir. LL, manches au moyen desquels on met le curseur en mouvement. M, vis servant à tenir la fourchette qui communique le mouvement au tamis.

Fig. 160. Vue de la fourchette E, séparée du couvercle.

Vu le peu de place qu'ils occupent, le moulin et le blutoir peuvent être construits à peu de frais. On peut même, sans trop d'embarras, employer ce moulin dans une grande cuisine ou dans des fermes.

Le grand avantage de ce moulin est que, en raison de la position verticale de ses meules, on peut le mettre en mouvement sans l'intervention des roues dentées. On s'en sert pour moudre la drèche, et en général pour convertir toutes sortes de grains en farine; il a en outre cet avantage qu'on peut le disposer de manière à moudre plus ou moins fin.

Ce qui rend encore très précieuse l'invention de M. Rustall, c'est qu'un homme suffit pour faire marcher son moulin. Si toutefois on y employait deux personnes, un homme et un enfant, dans l'espace de deux heures ils moudraient une quantité suffisante de farine pour les besoins d'une famille de six à huit personnes pendant une semaine entière. Un grand nombre d'expériences ont prouvé que ce moulin ne laissait rien à désirer quant à la manière dont le grain y était moulu, et qu'on pouvait obtenir un boisseau de farine par heure. Mais ce n'est pas tout : l'industriel fermier peut de cette manière faire lui-même diverses expériences sur la qualité de son grain; et, à peu de frais, sans s'exposer à la fraude ni aux caprices des meuniers, s'assurer que sa farine est bien celle qui provient de son grain.

Enfin l'usage du blutoir de M. Rustall ne se borne pas à passer de la farine; on peut encore l'employer dans une foule de circonstances, principalement pour remédier aux inconvénients du mélange des matières nuisibles, et pour prévenir la perte des particules les plus fines de la farine.

En 1814, M. Georges Smart rendit plus simples et moins dispendieux tout à la fois la construction et le travail des moulins. Il exposa l'objet qu'on voulait briser ou moudre à l'action des *frotteurs* ou *briseurs*, reposant sur leurs points d'appui, et agissant sur le corps tournant au moyen de leviers, de poids, ou de ressorts. Chacun des *frotteurs*, agissant sur un axe différent, admet sur lui la révolution de toute surface, quelle que soit sa forme, ronde ou carrée, attendu qu'il peut être plus ou moins chargé, selon qu'on éloigne ou rapproche davantage les leviers du point d'appui, ou, s'ils agissent par ressorts, selon qu'on serre ou relâche la vis. Les *frotteurs* ou *briseurs* sont ou ne sont pas unis; ils sont ronds ou concaves, selon que l'exige la nature de la substance à laquelle on veut en faire l'application. La forme carrée ou octogone, est celle qui convient le mieux aux *frotteurs* destinés à briser les pierres à ciment, les os pour engrais, la craie, le mortier, le plâtre, etc. Pour briser la drèche, les fèves, etc., on n'a besoin que d'un *briseur*. Mais pour le blé, l'avoine, l'orge, le riz, ou toute autre substance à convertir en farine, plus il y aura de *briseurs*, plus la farine sera fine; et plus il y aura de faces plates sur le corps qui tourne, plus on pourra appliquer de *briseurs* avec avantage.

## MOULIN A BRAS.

On s'en sert généralement pour moudre le café et les épices; mais on en fait qui ont de plus grandes dimensions, au moyen desquels on peut moudre du froment, de la drèche, etc. Dans ce cas ils sont mus au moyen d'une manivelle. Dans le *Theatrum Machinarum* de Bockler, on trouve la description d'un moulin où l'homme agit sur un levier qui se meut horizontalement, à peu près comme la rame d'un bateau. L'avantage qui résulte de cette manière d'appliquer la force humaine (puisque l'effort de l'homme est fortement secondé par le poids de son corps à mesure qu'il se penche en arrière) nous détermine à entrer à ce sujet dans quelques détails.

La figure 161 représente cet appareil. L'arbre vertical E G porte une roue dentée C, et une qui ne l'est pas F; celle-ci est destinée à faire les fonctions de volant. A la manivelle A B est attachée une barre de fer I, dont l'extrémité porte sur le levier H K; deux extrémités de cette barre I portent des anneaux. Une extrémité du levier H K entre dans le crochet fixe K, autour duquel elle tourne comme autour d'un centre. Un homme, tirant le levier H K, déplace l'extrémité H de H en N; et la barre I, agissant sur la manivelle A B, fait faire un demi-tour aux roues C et F. En vertu de l'impulsion acquise, elles se maintiennent en mouvement, et font un autre demi-tour qui reporte le levier de N en H. Un second effort sur le levier H K donne un autre mouvement de rotation à la roue C; les meules sont ainsi mises en action tour à tour par la pression de l'homme sur le levier, et par l'impulsion du mouvement acquis. Les dents de la roue C font mouvoir la lanterne D, dont l'axe porte la meule supérieure, de la même manière que l'axe D fait tourner la meule supérieure dans la figure 156. Dans ce dernier moulin, plus l'extrémité de la barre I, placée sur le levier H K, est près du crochet K, plus la manœuvre en devient facile. Si les dents de la roue C sont sextuples de celles de la lanterne D, l'ouvrier, en faisant dix efforts par minute sur le levier H, opérera soixante révolutions de la meule supérieure dans le même espace de temps.

Dans les *Transactions de la Société des Arts* on trouve la description d'un moulin inventé par M. Garnett Terry, servant à briser des substances dures, au moyen d'une roue qui tourne, non pas sur un axe vertical, ainsi que cela se pratique habituellement, mais sur un axe horizontal. (Voy. fig. 162.)

## MOULIN A PIED.

On l'emploie pour moudre le blé ou toute autre substance; il se meut par la pression des pieds d'hommes ou de bœufs. Bockler, dans son *Theatrum Machinarum*, en donne une fort bonne explication.

La figure 163 le représente. A, roue inclinée, à laquelle l'homme communique une impulsion avec ses pieds, pendant que de temps à autre, avec ses mains, il se repose sur la barre H. La surface de cette roue est garnie de petites planches qui y sont clouées, et dont le but est d'empêcher que le pied de l'homme ne glisse. Dessous sont des dents qui s'engrènent dans celles de la lanterne B, et font tourner l'arbre horizontal G avec la roue C: cette dernière roue fait tourner la lanterne D, dont l'axe porte la meule supérieure E.

Avec cette sorte de moulin on peut très commodément moudre de la drèche, pourvu toutefois qu'il ne faille pas l'application d'une force considérable.

## MOULIN A PÉTRIR.

Il y a un tel rapport entre l'action de moudre le grain et celle de le pétrir quand il est en farine, que nous croyons que c'est ici le lieu de donner la description du moulin à pétrir. Le but de l'auteur, en inventant cette machine, a été de détruire cette dégoûtante habitude qu'ont les boulangers de pétrir avec leurs pieds. Il serait bon que la police donnât son attention à cette coutume, qui s'observe encore dans plusieurs parties de l'Angleterre, surtout lorsqu'il s'agit de préparer la pâte pour le biscuit de mer.

On se sert à Gênes, dans les boulangeries publiques, d'une machine qui procure une grande économie de main-d'œuvre et de temps. La description s'en trouve dans les *Atti della società patriotica di Milano*, vol. II.

A (fig. 164), *châssis* de bois supportant une des extrémités de l'axe de la machine. On peut, au lieu de ce *châssis*, construire un mur sur lequel reposera cet axe. B, mur au travers duquel passe le susdit axe. C, autre mur semblable au premier, et construit en face à la distance de 4<sup>m</sup>68. D, axe de 6<sup>m</sup>69 de longueur, et de 30 centimètres d'épaisseur. E, grande roue fixée sur ledit axe entre le *châssis* et le mur ; son diamètre est de 6<sup>m</sup>4, et sa largeur de 1<sup>m</sup>11, capable de contenir deux hommes au besoin. F, tringles ou espèces de marches sur lesquelles les hommes appuient pour faire tourner la roue ; elles sont à 45 centimètres les unes des autres, et ont 33 centimètres de hauteur. G, petite roue dentée, fixée à l'extrémité la plus éloignée de l'axe : son diamètre est de 2<sup>m</sup>68 ; H, solive de bois qui s'étend d'un mur à l'autre, ayant 4<sup>m</sup>68 de longueur, et 30 centimètres d'épaisseur. Une autre solive semblable, et qu'on ne voit pas, est de l'autre côté de l'axe. I, pièce de bois transversale placée près du mur C ; elle est fixée dans les deux solives, et sert à supporter l'extrémité la plus éloignée de l'axe ; sa longueur est de 3<sup>m</sup>12, et son épaisseur de 33 centimètres. Il y a également une pièce de bois transversale (qu'on ne peut voir dans la figure) de 3<sup>m</sup>12 de longueur, et de 11 centimètres d'épaisseur, placée tout près du mur B ; K est une forte pièce de chêne cintrée, fixée dans les solives latérales H pour recevoir l'axe de la lanterne ; sa longueur est de 3<sup>m</sup>12, et son épaisseur de 33 centimètres ; L, lanterne de 1<sup>m</sup>11 de diamètre, partant de la lanterne L, et traversant la *croix* N, pour arriver au fond du baquet P ; son axe est de fer, partie carré, partie rond, et tourne dans un coussinet de cuivre. La première partie de cet axe, entre la lanterne L et la *croix* N, est carrée et de fer, entourée de deux pièces de bois retenues ensemble par des cercles de fer, qu'on peut retirer à volonté pour examiner le fer qu'elles renferment ; sa longueur est de 67 centimètres, et son diamètre de 22 environ ; la seconde partie de l'axe qui se trouve dans l'intérieur du baquet est faite de la même manière que la première ; sa longueur est de 33 centimètres, et son diamètre de 26. L'étui de bois de cette dernière partie de l'axe est fixé dans le fond du baquet, au moyen de trois vis avec leurs écrous ; cet axe est à 75 millimètres du batteur triangulaire le plus voisin de la *croix* N ; cette *croix* est formée de deux pièces de bois inégalement divisées, de manière que les quatre bras de la *croix*

sont tous de différentes grandeurs ; l'une de ces pièces de bois a 1<sup>m</sup>44 de long, et l'autre 1<sup>m</sup>11 ; leur épaisseur est de 13 centimètres, et leur largeur de 22. O, quatre morceaux de bois de forme triangulaire, appelés *batteurs*, et fixés verticalement aux quatre extrémités de la croix susmentionnée ; ils ont 39 centimètres de longueur, 33 d'épaisseur, et battent la pâte contenue dans le baquet à des distances inégales du centre. P, fort baquet de bois d'environ 17 centimètres d'épaisseur, et garni de cerceaux de fer ; son diamètre est de 1<sup>m</sup>34 centimètres, et sa hauteur de 33 centimètres.

La fig. 165 représente la huche de bois, de 89 centimètres de longueur, et 67 centimètres de largeur, dans laquelle se forme le levain ; elle sert ensuite à le transporter dans le baquet P.

Fig. 166, vue du tambour, de la *croix*, etc., et coupe du baquet P.

La fig. 167 est le plan de la *croix*, du baquet et des deux extrémités supérieures des batteurs triangulaires. Ce baquet P contient environ 18 rubbi (1,623) de farine, qui lui arrivent dans des tonneaux ; le levain de son côté y arrive dans la huche ; et quand le tout est convenablement mélangé d'une certaine quantité d'eau chaude, les hommes font mouvoir la roue jusqu'à ce que la pâte soit suffisamment battue ; en général, un quart d'heure suffit pour la bien préparer ; mais il est bon qu'un boulanger surveille l'opération, afin de juger, selon les circonstances, s'il convient d'augmenter ou de diminuer le temps de ce travail.

On peut, selon les circonstances, varier la construction de la machine, et y appliquer un meilleur moteur qu'un homme, faisant tourner une roue ordinaire avec ses pieds.

En novembre 1811, M. Joseph Baker obtint un brevet d'invention pour un procédé mécanique qu'il appliqua à pétrir le pain. Cette invention consiste à avoir un axe droit, tournant sur un pivot fixé dans le milieu d'une huche circulaire, de manière que la pâte placée dans cette huche puisse être battue par un rouleau de fer ou de pierre, qui vient se rattacher à l'axe par une barre de fer horizontale, et porte sur la pâte à une certaine distance près des bords. Cet axe reçoit plusieurs pièces de bois qui le traversent, et servent de point d'appui aux hommes ou aux animaux qu'on emploie à le faire tourner. Selon ce procédé, la pâte est battue de manière à présenter à chaque révolution une nouvelle surface.

Indépendamment des diverses méthodes que nous venons d'indiquer, il y en avait mille autres à employer pour faire disparaître cette dégoûtante habitude dont nous avons parlé.

## DES MACHINES A VAPEUR.

La plus importante des découvertes des temps modernes, celle qui se présente en première ligne, et qu'on a si justement appelée le plus beau monument de l'industrie humaine, c'est celle des *machines à vapeur*. Au marquis de Worcester, contemporain de Charles II, appartient l'honneur d'avoir le premier fixé l'attention sur la force expansive de la vapeur. Cependant il ne nous dit pas assez positivement, dans le livre qu'il publia en 1663, quelle sorte d'appareil il employait pour en utiliser la force. Il faut croire néanmoins,



quelque vagues que soient les expressions dont il s'est servi, que ce sont ses observations qui ont, les premières, fait naître l'idée d'employer cet agent dans la mécanique, comme principal moteur.

Exposée à l'action du feu, l'eau se dilate, et, passée à l'état gazeux, se nomme vapeur. Si elle est renfermée dans un vase, cette expansion s'opère à un très haut degré. Comme l'espace compris entre le couvercle et l'eau est rempli par une portion d'air atmosphérique, il s'en suit que le premier effort de la vapeur, en se dilatant, tend à réduire cet air à un moindre volume, et que par conséquent la force, qu'elle emploie de cette manière, est à déduire de celle qui reste disponible. Cette portion de force finit cependant par avoir son utilité. Et en effet, comme à mesure que la température s'abaisse la vapeur revient à l'état d'eau, laissant vide la place qu'elle occupait, l'air atmosphérique qu'elle avait refoulé reprend la sienne, en exerçant une force, absolument égale à celle que la vapeur avait exercée pour le réduire. On s'est occupé du soin de diriger ces forces de manière à ce qu'elles produisissent toujours un mouvement égal, et l'on peut dire qu'en ce point on a pour ainsi dire atteint la perfection ; c'est à une direction plus exacte, à une application plus avantageuse, et à une production plus économique de ces forces qu'on a visé dans les diverses modifications dont elles ont été l'objet.

Pour rendre plus intelligible l'explication de la manière dont agit la vapeur, supposons le vase (fig. 168) rempli d'eau jusqu'à la ligne A, et d'air dans tout l'espace E ; supposons-y un piston qui s'y adapte en C, et une ouverture en D ; que l'ouverture D soit fermée, et qu'on expose l'eau par le côté F à l'action du feu, il en résultera de la vapeur, qui, par sa force expansive, soulèvera le piston C. Faites cesser l'action du feu, et que tout à coup le vase se refroidisse, il y aura condensation : la vapeur, se transformant en eau, occupera de nouveau l'espace qui se trouve sous la ligne A, et le piston C reprendra sa place. Dans cette expérience, nous voyons que la force d'expansion de la vapeur a comprimé l'air dans l'espace E, et fait lever le piston C à la hauteur de H ; mais ce piston, en passant en H, a déplacé un volume d'air atmosphérique égal à celui que renfermait le tube depuis C jusqu'en H ; conséquemment cette portion d'air ainsi déplacée, tendra à reprendre sa position naturelle, et dès que la vapeur en se condensant aura perdu son élasticité, il forcera par son poids le piston C à redescendre. Il est évident que c'est à l'action directe de la vapeur qu'on doit l'élévation du piston, et que son retour est une *conséquence* de l'action de la vapeur, puisqu'il provient de la tendance de l'air, qui a été comprimé, à se remettre en équilibre.

Supposons encore le piston dans sa première position, en C ; ouvrons l'orifice D, et appliquons la chaleur ; la vapeur montera dans l'espace E, et chassera l'air par l'ouverture D ; si on la ferme, la condensation s'opérant, l'espace E demeurera vide, et l'air, cherchant à occuper cet espace, rabaissera le piston à la hauteur de la ligne A. Dans ce cas le mouvement du piston est entièrement dû à l'action de l'air, qui tend à reprendre la place d'où l'a chassé la vapeur, au travers de l'ouverture D.

L'expérience a prouvé que la pression de l'air atmosphérique est égale à un poids d'environ 1,03 kilogramme par centimètre carré ; de sorte que, en supposant l'ouverture du vase (fig. 168) d'un centimètre carré de superficie, la force qu'exercera la vapeur pour élever C en H équivaudra à celle qui élèverait à

la même hauteur 1,03 kilog., en comprenant dans ce poids la valeur du frottement du piston C dans le cylindre; 2<sup>o</sup> la force exercée par la vapeur pour chasser l'air de l'espace E. équivaut à élever 1,03 kilog. de A en C; 3<sup>o</sup> la force disponible résultant du retour du piston de H, sera capable, dans le premier cas, d'élever 1,03 kilog. de C en H, moins la portion absorbée par le frottement du piston, et dans le second, d'élever le même poids de C en A, abstraction faite du même frottement. Dans l'un comme dans l'autre de ces deux cas, la force directe ou expansive de la vapeur n'a été considérée que comme capable de déplacer l'atmosphère, ou un poids de 1,03 kilog. par centimètre carré de surface; mais si l'on peut charger le piston, et, en supposant que les parois du vase soient assez fortes pour admettre une augmentation de pression, la vapeur l'élèvera également par l'application d'un plus grand degré de chaleur. Supposons que le piston C soit chargé de 4 kilogrammes, il faudra que la pression de la vapeur équivale à 5,03 kilo., savoir : 1,03 kilog. pour vaincre le poids de l'atmosphère, puisque la surface du piston est supposée d'un centimètre carré, et 4 kilogrammes pour soulever le poids dont il est chargé. Dans ce cas, la pression qui s'exerce de dedans en dehors sur les parois du vase, tendant à le faire éclater, est égale à 4 kilogrammes par centimètre carré de surface intérieure; car l'excédant de 1,03 kilog. est contrebalancé par l'action de l'atmosphère sur la surface extérieure, action qui est égale à une pression intérieure de 1,03 kilog. On voit que l'accroissement possible de la force directe de la vapeur est sans limites, tandis que la pression de l'atmosphère ne s'écarte guère d'un kilogramme par centimètre carré, selon qu'il est plus ou moins dense.

Convaincus qu'après une semblable explication, il ne peut plus subsister de difficulté, même pour les personnes les plus étrangères à ces matières, sur la question de savoir comment agit la vapeur, nous allons nous occuper de faire connaître les différents moyens mécaniques qu'on a employés pour en diriger l'action à volonté.

Le premier appareil qui, à notre connaissance, ait été construit pour l'emploi de la vapeur, dans un vase hermétiquement fermé, fut inventé par le capitaine Savary, en 1698. Nous en voyons la forme dans la fig. 169.

*a*, Chaudière fermante, placée sur un fourneau, et d'une force suffisante pour résister à une pression considérable; *B*, vase d'une construction également forte. *cc*, tuyau garni d'un robinet en *i*, et au moyen duquel s'établit à volonté une communication entre la chaudière *a* et le vase *B*. *e* tuyau descendant vers un puits ou réservoir d'eau. *ff*, autre tuyau partant de *B*, et arrivant à un réservoir placé au-dessus. *h h*, tuyau communiquant de *B* au tuyau *ff*, et garni d'un robinet à l'aide duquel on interrompt ou rétablit la communication. *m*, soupape susceptible de boucher le tuyau *e* par la pression qui s'exerce d'en haut, et de le fermer par celle qui s'exerce d'en bas. *l*, autre soupape semblable s'adaptant au tuyau *ff*, et sur laquelle les deux pressions agissent de la même manière. Supposons que la chaudière soit remplie d'eau jusqu'à la ligne ponctuée, et qu'on allume le fourneau; bientôt la vapeur s'élèvera dans la chaudière, et, passant au travers du tuyau *cc*, remplira le vase *B*, et montera dans le tuyau *ff* en soulevant la soupape *e*; la soupape *m* sera fermée par la force d'expansion de la vapeur. Si maintenant on ferme le robinet *i*, pour interrompre la communication de

B avec la chaudière, et que l'on jette de l'eau froide à l'extérieur du vase, on condensera la vapeur, l'intérieur du vase B demeurera vide; et alors l'eau du réservoir auquel aboutit le tuyau *e*, pressant sur la soupape *m*, l'ouvrira, et sera poussée par la pression extérieure de l'atmosphère dans le vase B jusqu'à la ligne ponctuée, que nous supposons à une distance d'environ 8 mètres de la surface de l'eau du réservoir : cette distance représente la hauteur d'une colonne d'eau qui, en considérant que le vide ainsi formé n'est jamais parfait, serait égale à la pression exercée par l'atmosphère. Si l'on ouvre le robinet *i*, la vapeur, agissant sur la surface de l'eau, fermera la soupape *m*, et élèvera l'eau dans le tuyau *ff* jusqu'au réservoir supérieur, au travers de la soupape *l*, qui sera soulevée. Si on referme le robinet *i*, la vapeur contenue dans *o* se condensera de nouveau; l'opération se répètera, le poids de l'eau du tuyau *ff* fermera la soupape *l*, et le vase B se remplira comme précédemment.

Telle était la construction du premier appareil du capitaine Savary, et la manière dont il agissait. Mais ayant trouvé incommode d'effectuer la condensation de la vapeur au moyen d'eau froide, qu'il jetait sur la surface extérieure, il introduisit dans le vase B le tuyau *h h*, qui, en ouvrant le robinet *K*, laissait arriver une certaine quantité d'eau du tuyau *ff*, et opérerait par là une condensation plus prompte.

Les robinets *o g*, qui servent à s'assurer de la hauteur de l'eau contenue dans la chaudière, furent également inventés par le capitaine Savary. Si la surface de l'eau se trouve au-dessus de l'extrémité inférieure du robinet, et que les robinets soient ouverts, l'eau en sortira; si au contraire la surface de l'eau ne s'élève pas jusqu'au robinet, ce n'est plus l'eau, mais la vapeur qui sort. Si l'eau est au niveau convenable, c'est-à-dire si sa surface tient le milieu entre les extrémités des robinets *g* et *no*, du premier il sortira de l'eau, et du second de la vapeur. C'est un point sur lequel il importait de ne pas rester dans l'ignorance; car si la surface de l'eau s'élevait au-dessus des robinets *g* et *no*, il ne resterait plus assez de place pour contenir la quantité de vapeur nécessaire à l'exercice de la machine.

On n'employa d'abord cette machine qu'à monter de l'eau à une petite hauteur, attendu qu'elle n'agissait que par la pression de l'air atmosphérique; l'expérience avait prouvé qu'elle ne pouvait être d'aucune utilité dans des mines profondes. Quoi qu'il en soit, si l'on considère combien étaient alors bornées les connaissances qu'on avait sur la vapeur, et combien on était éloigné de penser qu'elle pût devenir le plus important moteur de notre temps, on conviendra qu'on doit regarder l'auteur de ce premier essai comme ayant découvert le principe de ces admirables machines. Le seul inconvénient que cet appareil entraîne, c'est la perte de temps, et celle de combustible inutilement employé, attendu que la condensation s'opère en faisant entrer en contact avec de l'eau froide la vapeur contenue dans le vase B.

Dès qu'on connut cette machine, la force de la vapeur, qui se trouve si clairement démontrée, commença à devenir l'objet de l'attention de plusieurs hommes instruits. et on se disputa les honneurs de la découverte, les Anglais l'attribuant au marquis de Worcester, les Français à Papin.

Sans entrer dans les détails de cette contestation, qu'il nous suffise de passer

en revue les différents progrès qu'a faits cette découverte dans ce pays, sans toutefois négliger de rappeler les divers secours que nous avons reçus de l'étranger. Du nombre de ces derniers est la *soupage de sûreté* qui, bien que fort simple en elle-même, est cependant d'une telle importance que c'est à elle qu'il faut attribuer l'usage général qui se fait de la machine à vapeur, et par conséquent le haut degré de perfection où nous la voyons aujourd'hui. Elle fut inventée par le docteur Papin qui, à l'époque de la découverte du capitaine Savary, s'occupait de faire des expériences sur la force de la vapeur, et cherchait le moyen de l'employer à la dissolution des corps. Elle consiste en une petite ouverture d'environ 6 millimètres, pratiquée à la partie supérieure de la chaudière, et fermée par une soupape chargée à l'extérieur d'un poids suffisant pour résister à la force qu'on peut exiger de la vapeur, sans risquer de faire éclater la chaudière. Or il est évident que, jusqu'à ce que la vapeur vienne à soulever ce poids, la pression qui s'exerce intérieurement sur chaque centimètre carré, tendant à faire éclater la chaudière, n'excède pas ce poids; et de cette manière il devient facile de prévenir un pareil accident.

L'idée de M. Papin, de faire flotter un morceau de bois à la surface de l'eau, a pu être un perfectionnement, mais est inutile aujourd'hui. Cependant il n'est pas invraisemblable que ce fut cette idée qui a fait naître celle du piston agissant dans le cylindre, laquelle est certainement le second pas qu'on a fait vers le perfectionnement de cette machine. Cette dernière invention est due à un forgeron nommé Newcomen, et à un vitrier du nom de Cauly, qui s'estimèrent heureux d'en partager les fruits avec Savary, et, de concert avec lui, obtinrent un brevet en 1705.

Cette machine, généralement connue sous le nom de Newcomen, fut la première où l'on vit un piston se mouvant dans un cylindre; ce qui, avec le balancier auquel est attaché le piston, donna à la machine un nouveau caractère.

Une machine de ce genre est représentée dans la fig. 170. A, chaudière placée sur le fourneau. B, cylindre garni d'un piston. *q*, robinet s'adaptant au tuyau qui établit la communication entre la chaudière et la partie inférieure du cylindre. S, soupape de sûreté; *rt*, levier qui s'appuie sur cette soupape; il est chargé d'un poids qui se trouve à son extrémité; *dd*, tuyau conduisant du cylindre B au réservoir *i. e.*, robinet destiné à établir ou à rompre la communication; *ff*, autre tuyau conduisant du cylindre au réservoir *h*, ayant à l'extrémité inférieure une soupape qui s'ouvre en dehors, pour permettre à l'eau condensée dans le cylindre de s'échapper, et au travers de laquelle l'air peut être chassé par la vapeur, quand elle remplit B. — LL, balancier portant sur le mur K. K, et tournant autour du centre V. *a*, tige du piston, se rattachant par une chaîne à l'extrémité cintrée du balancier. *mm*, tige de la pompe, se rattachant de la même manière que la tige du piston. La pompe est placée dans le puits *x*, avec les poids *oo*, portant sur la tige de la pompe, et suffisants pour contrebalancer le piston et sa tige attachés à l'autre extrémité du balancier, et le tenir au haut du cylindre. *pp*, tuyau conduisant de la pompe au puits, pour alimenter le réservoir *i*.

Maintenant supposons le piston *c* dans la position *c'*, presque au haut du cylindre, la vapeur se produisant incessamment par l'action du feu, et le robinet *q* ouvert: le cylindre B s'emplira de vapeur, et l'air qu'il renfermait en

sera expulsé au travers du tuyau *ff*, et de la soupape à clapet qui se trouve à l'extrémité. En fermant le robinet *q* et en ouvrant le robinet *e*, l'eau se précipitera du réservoir *i* dans le cylindre, et, causant une condensation immédiate, opérera le vide ; de sorte que, la pression de l'atmosphère agissant sur le piston *c*, elle le refoulera au fond du cylindre, et fera lever l'autre extrémité du balancier *L*, d'autant que cette extrémité s'abaissera ; ce qui soulèvera le piston de la pompe, et par conséquent élèvera l'eau. Si maintenant nous fermons le robinet *e*, et que nous ouvrons *q*, la vapeur agira contre le fond du piston *c*, et en surmontant la pression de l'atmosphère, le fera remonter à sa première position. Si l'on referme *q* et qu'on rouvre *e*, on fera descendre de nouveau le piston. On voit par ces démonstrations qu'en introduisant successivement de la vapeur dans le cylindre et en la condensant, on donne à la tige un mouvement de *va et vient*.

Un des avantages de cette espèce de machine est qu'on n'est pas obligé de se servir de vapeur à une pression plus forte que celle de l'atmosphère, ce qui arrivait dans la machine de Savary, lorsque la hauteur à laquelle l'eau devait s'élever par le tuyau *ll*, fig. 169, dépassait 10 mètres. Dans la machine de Newcomen, le contrepoids *o o* balance le piston *c*, et on n'a jamais besoin que la force de la vapeur excède 1.03 kilogrammes, par centimètre carré ; tandis que l'introduction du balancier permet d'appliquer le mouvement au jeu des pompes.

On était dans l'usage d'ouvrir avec la main les robinets *q* et *c* ; mais un petit garçon nommé Potter, à qui on avait confié ce soin, imagina un jour, pour s'épargner cette peine et se dispenser de toute attention, d'attacher un bout de ficelle aux leviers des robinets et au balancier *L L* ; de manière à ce que le mouvement de ce balancier les faisait s'ouvrir et se fermer quand il fallait. Ce fut ce qui donna l'idée de l'appareil appelé *régulateur*, qui sert à faire mouvoir les robinets.

Plus tard M. Henri Beighton, de Newcastle, introduisit des améliorations considérables dans la machine à vapeur ; ce fut lui qui inventa la pièce qui sert à ouvrir et fermer les soupapes ; nous en donnerons la description un peu plus loin. On s'est servi pendant près d'un demi-siècle de cette machine sous le nom de *pompe à feu de Beighton* ; l'attention des ingénieurs était plutôt tournée alors vers l'économie du combustible que vers le perfectionnement de la machine.

Enfin, cependant on commença à s'apercevoir que si l'on parvenait par la vapeur à obtenir un mouvement de rotation, on ouvrirait un vaste champ à l'application qu'on pourrait faire de cette puissance aux besoins de la mécanique ; et dès ce moment, on vit les efforts des ingénieurs activement dirigés vers ce but si désirable et si important. Ce fut M. Matthew Washbrough de Bristol qui l'atteignit le premier, et il obtint, en 1778, un brevet pour l'application d'une manivelle à la tige du balancier. Bien que cette application soit à tous égards la meilleure qui ait été faite jusqu'ici, à en juger par son adoption générale, elle fut remplacée, pour un moment, par les roues dentées à mouvement excentrique, introduites par MM. Boulton et Watt.

Ces roues dentées se voient dans la fig. 171. *A* représente le bout du balancier auquel est attachée, par un centre mobile en *F*, la verge *B* ; à son extrémité inférieure est fixée à demeure la roue *C*. — *D* est une roue à dents, fixée

sur l'axe du volant G, et tournant avec elle. Lorsque l'extrémité du balancier A s'abaisse, la roue C change de position, et vient prendre la position C<sup>1</sup>; ses dents engrénant sur celles de la roue D, font faire à cette roue et au volant auquel elle est attachée, cette portion de révolution autour de son axe. La roue C, d'après sa position, presse toujours contre D dans ses mouvements descendants ou ascendants. Lorsque la roue C arrive dans la position C<sup>2</sup>, la roue D, par la vitesse du volant auquel elle est fixée, la fait passer sous le centre de D; puis le balancier, commençant à monter, agit par C sur l'autre côté de D; il lui donne une autre impulsion et lui fait continuer le mouvement en passant de C à C<sup>4</sup>; et quand il arrive à C<sup>3</sup>, il franchit par-dessus le centre D D, par la vitesse que son action avait communiquée au volant.

On peut voir dans la fig. 172 la manivelle et le volant inventés par M. Washbrough. A et B représentent les mêmes pièces que dans la fig. 171, mais l'extrémité inférieure de B est, dans ce cas-ci, attachée à la manivelle C en c<sup>1</sup>, et susceptible de tourner autour du centre E. Quand A s'abaisse, il communique le mouvement à la manivelle et au volant auquel elle se rattache, et quand il arrive en H, la vitesse du volant la fait passer sous le centre E; alors le balancier, commençant aussitôt à remonter, communique de nouveau le mouvement au volant.

La longueur de la verge B doit être telle que lorsque le balancier A se trouve dans une position horizontale, la manivelle soit également dans cette position; et quand la manivelle est dans la position G, par exemple, la longueur de la verge, jointe à celle de la manivelle, doit être telle que l'autre extrémité du balancier A puisse descendre, jusqu'à ce que le piston qui y est attaché soit arrivé au fond du cylindre; il faut aussi que la longueur de ces pièces et la hauteur du cylindre soient telles que lorsque la manivelle est dans la position H, le piston se trouve en haut du cylindre. Cette disposition a l'avantage non-seulement de procurer un mouvement de rotation, mais encore de déterminer avec exactitude la longueur de la course du piston; car avant qu'elle fût connue, il arrivait souvent que le piston venait frapper avec violence contre le haut et le bas du cylindre, ce qui produisait des effets nuisibles.

M. Watt, de Glasgow, s'étant occupé accidentellement de la construction des machines à vapeur, découvrit que l'eau renfermée dans un vase bouché et chauffé bien au-delà de la température d'ébullition, se refroidissait et revenait promptement au degré d'ébullition, lorsqu'on laissait échapper la vapeur; ce qui lui fit penser que la quantité de vapeur qui s'échappait d'un vase quelconque, était simplement en proportion avec la quantité de chaleur donnée, et que l'économie du combustible dépendait de l'économie de la vapeur. M. Watt remarqua aussi le grand changement que subissait la température du cylindre, quand on injectait l'eau froide pour condenser la vapeur, et il en conclut que, puisque le refroidissement du cylindre durait encore après la condensation nécessaire, il devait y avoir en pure perte condensation de la vapeur récemment introduite. Il apprit par expérience que la quantité de vapeur perdue de cette manière n'était pas moins de trois fois le contenu du cylindre, ou de trois fois la quantité nécessaire pour produire l'effet cherché.

Voici les moyens auxquels il eut recours pour remédier à ce défaut : il

employa d'abord un cylindre de bois, qu'il fut forcé d'abandonner après plusieurs épreuves, à cause de l'altération produite par l'humidité et par les changements de température. Ensuite, il enveloppa le cylindre dans une caisse en bois, et remplit de charbon pilé l'intervalle qui séparait ces deux cylindres; il substitua ensuite à cette caisse en bois un autre cylindre extérieur, dans lequel on plaçait le *corps de pompe* (cylindre où se meut le piston); la vapeur pouvait circuler entre les deux cylindres et se répandre autour du cylindre intérieur; ce qui l'entretenait à un degré régulier de température. Le cylindre extérieur s'appelle enveloppe, et l'on s'en sert très avantageusement aujourd'hui.

En 1763, M. Watt introduisit un perfectionnement notable, celui d'opérer la condensation dans un vase séparé appelé *condenseur*, communiquant par un tuyau seulement au cylindre dans lequel est le piston.

Dans la fig. 178. A est la partie inférieure du cylindre; B, le condenseur; C, le tuyau d'échappement ou tuyau de communication entre le cylindre et le condenseur, s'ouvrant et se fermant par le robinet *c*; et D D le réservoir à eau froide dans laquelle est plongé le condenseur B. Lorsque le robinet *c* est ouvert, la vapeur, par sa force élastique, se précipite dans B où elle se condense, et alors le piston descend. Si l'on ferme la communication C avec le condenseur, et qu'on ouvre celle avec la chaudière, le cylindre se remplit d'autre vapeur qui soulève le piston. Si l'on rouvre le robinet *c*, la vapeur passe aussi dans B et se condense pareillement. La condensation de la vapeur amasse nécessairement dans le condenseur B une quantité d'eau qui diminue d'autant sa capacité; pour parer à cet inconvénient, M. Watt adapta à la machine une petite pompe, mue par la vapeur elle-même, pour en retirer le superflu de l'eau et de l'air qui empêchaient d'obtenir le vide parfait sous le piston; il l'appela *pompe à air*. Il jugea aussi convenable de ménager un petit écoulement d'eau froide dans la chambre D D, au moyen d'un robinet dont la dimension réglait la quantité d'eau à introduire dans le condenseur; quantité qui doit être telle que la température du cylindre soit abaissée le moins possible, et que la condensation soit presque instantanée. On appelle *réservoir d'eau froide* le réservoir dans lequel se trouve le condenseur. Il reçoit continuellement de l'eau froide par une pompe donnant dans un puits, et le *trop plein* se décharge par un bec dans un égout. L'eau chaude, aspirée du condenseur par la pompe à air, se rend dans un autre réservoir, appelé *réservoir d'eau chaude*.

On voit ces parties représentées dans la fig. 174; elles sont tracées sous une forme générale sans avoir égard à leur construction dans telle ou telle machine, parce que leur forme et leur position relative ne sont d'aucune importance, et varient arbitrairement au gré des différents constructeurs, ou suivant que le besoin et les circonstances l'exigent. A est le corps de pompe, B le condenseur; C la pompe à air; E le réservoir d'eau froide; F la pompe d'eau froide pour l'alimenter; S S le tuyau qui conduit la vapeur de la chaudière sous le piston; H le tuyau de décharge communiquant du cylindre au condenseur; O O le réservoir d'eau chaude; N le robinet d'injection pour laisser couler dans B un petit filet d'eau; P la pompe à eau chaude qui donne, par le tuyau *q*, une quantité d'eau chaude suffisante pour alimenter la chaudière. *t* sont les tiges des pompes fixées au balancier et aux mouvements de laquelle elles obéissent; *g* est le tuyau d'aspiration de la pompe à air, et *m* est la soupape d'as-

piration. Le tuyau I et la soupape V, s'ouvrant en-dessus, sont destinés à donner issue à la vapeur, laquelle chasse l'air de l'intérieur du condenseur.

Le condenseur communique par un tuyau avec la partie supérieure d'un tube donnant dans un bassin rempli de mercure. L'élévation du mercure dans le tube indique l'augmentation progressive du vide dans le condenseur, en montrant la hauteur à laquelle la pression de l'atmosphère le soutient. Si le vide est parfait, le mercure montera jusqu'à 70 et même 76 centimètres.

La seule différence qui existe entre le jeu de cette machine et le jeu de celles dont il a déjà été question, consiste en ce que le tuyau H H, au lieu d'être un tuyau d'injection pour l'introduction de l'eau froide dans le cylindre, détourne seulement la vapeur, et la conduit dans le condensateur B. Ainsi donc, quand la condensation doit s'opérer, le robinet *h* s'ouvre pour laisser passer la vapeur du cylindre dans B où elle vient se condenser, pendant que l'action continue de la pompe C entretient le vide dans B, en aspirant l'eau condensée et l'air. La pompe d'eau froide fournit une grande abondance d'eau au réservoir E E, dont le superflu se perd en W; ce qui procure un abaissement de température suffisant pour opérer la condensation dans B.

Ce léger changement dans le mode de construction a procuré une économie de plus de la moitié dans la consommation du combustible. Cependant la machine était encore incomplète; il fallait trouver le moyen de conserver de l'eau sur la surface supérieure du piston afin de le priver du contact de l'air; mais comme cette eau, en descendant, refroidissait considérablement le cylindre, elle occasionnait une perte, ce que nous avons déjà démontré en parlant du premier procédé pour introduire l'eau de condensation. M. Watt s'occupa alors sérieusement de lever cette difficulté, et il y réussit.

La machine que nous venons de décrire (fig. 174) est appelée *machine à effet simple*; et comme le perfectionnement est tout dans le cylindre, il suffira de voir le dessin de ce cylindre pour bien comprendre en quoi consiste ce perfectionnement. M. Watt ayant aperçu, comme nous l'avons déjà dit, les inconvénients du cylindre ouvert par le bout, conçut l'idée de fermer le haut du cylindre, et de faire mouvoir la verge de piston dans un *collet* joignant étroitement, et garni de chanvre imbibé de graisse, de se servir d'huile et de saindoux en place d'eau pour faire mouvoir le piston dans le vide. Enfin, au lieu de faire descendre le piston par la pression de l'atmosphère, il employa de la vapeur d'une force expansive égale à cette pression.

La figure 175 nous montre cette disposition. A est le cylindre; B le piston; C C la boîte à étoupes; elle est remplie de chanvre suifé; son couvercle est vissé fortement au moyen de deux vis, de manière à former autour de la tige du piston *un joint* qui empêche la vapeur de s'échapper. Cette tige, bien tournée et bien polie, fait monter et descendre le piston. D est le tuyau à vapeur qui part de la chaudière; K le tuyau de décharge aboutissant au condensateur; H et I sont deux soupapes placées sur la tige L, qui passe dans des boîtes à étoupes *m, n*; en montant et en descendant, cette tige ouvre et ferme les soupapes, et conséquemment ouvre ou ferme la communication avec la chaudière et le condenseur. *g* est une soupape qui, étant ouverte, met en communication le haut et le bas du cylindre au moyen du tuyau P E. La verge L, avec ses soupapes, peut se mouvoir indépendamment de la soupape *g*, ou la soupape *g* indépendamment de la verge L. Si les soupapes sont



placées comme dans la figure, que I et H s'ouvrent, que *g* se ferme, et qu'on laisse entrer la vapeur de la chaudière par D, elle passera par H, et s'introduira dans le haut du cylindre en P, faisant descendre le piston B par sa force élastique, tandis que la partie inférieure du cylindre est ouverte au condenseur en O et en K. Quand le piston est descendu en B, les soupapes H et I doivent être fermées et la soupape *g* ouverte, pour que la vapeur puisse, par sa force élastique, passer par P E, et la soupape *g* agir également sur la surface inférieure du piston comme sur sa surface supérieure. Ainsi donc, le piston étant également pressé en dessus et en dessous par la vapeur, recevra directement la pression, et remontera à sa première position par l'effet de l'action des contrepoids sur l'autre bout du balancier, et la vapeur passera de dessus le piston au-dessous. Les soupapes sont remises dans leur première position, comme on les voit dans le dessin; celle I, étant alors ouverte, donne passage par O K à la vapeur qui se trouve dans le cylindre au-dessous du piston, pour la faire aller dans le condenseur, et former le vide dans la partie inférieure du cylindre. Une nouvelle quantité de vapeur, arrivant par D, vient opérer sur la surface supérieure du piston une pression équivalente à celle de l'atmosphère, et le fait redescendre.

Dans la machine dont nous venons de rendre compte, la pression de la vapeur sur le haut du piston fait descendre le balancier, qui remonte ensuite par l'effet des contrepoids placés à son extrémité la plus éloignée, quand la vapeur est également répandue en dessus et en dessous du piston. Il en résulte évidemment que l'action d'une machine ainsi construite doit être irrégulière; car, pendant que le piston descend, la vapeur doit agir sur lui avec la force nécessaire pour remonter les contrepoids, et faire mouvoir aussi tout le mécanisme qui s'y rattache; mais lorsque le piston remonte, la chute des contrepoids est la seule puissance que fournit la machine, et encore il faut en déduire le frottement et le poids du piston; donc, lorsqu'on veut avoir une force constante et uniforme, ces machines ne sont pas aussi avantageuses que celles où l'ascension et la descente du piston s'opèrent par les mêmes moyens et la même force. M. Watt a atteint ce but important par la construction de la machine à *double effet*, que nous allons mettre en opposition avec celle dont nous venons de donner la description, et dont on se sert rarement aujourd'hui, si ce n'est dans le cas où il faut seulement élever de l'eau.

La machine à *double effet* est construite de manière que, pendant que la vapeur presse sur un côté du piston, l'autre côté est en communication avec le condenseur, de sorte que le vide existe au côté opposé à celui sur lequel s'exerce la pression. Diverses manières de distribuer des tuyaux, des soupapes, ou des robinets, produisent cet effet; le plus simple de ces mécanismes dans sa construction est le robinet à *quatre ouvertures*.

La figure 176 représente ce robinet, ainsi que sa position dans la machine. A est le cylindre; B. le piston; C le tuyau de communication avec la chaudière; *f m* communication avec le condenseur; I K et H *g* sont les tuyaux de communication de la chaudière avec le dessus et le dessous du piston. (La partie pleine du robinet est ombrée pour la faire distinguer.) Le robinet tourne au moyen de sa poignée *m'*. Dans la position représentée figure 176, la vapeur passe de C par D, le long de H et de *g*, jusqu'au des-

sous du piston, et il s'opère en même temps une communication directe par K I, C' E M au-dessus du piston avec le condenseur. Mais si le robinet est tourné dans la position donnée par la fig. 177, ces communications seront renversées par les différentes dispositions de leurs ouvertures. L'ouverture *e* dans le robinet établira une communication du tuyau de vapeur C à K, aboutissant à la partie supérieure du cylindre; et l'ouverture D mettra en communication la partie inférieure du cylindre avec le condenseur, et le piston descendra. Ainsi, par ces différentes positions du robinet, la vapeur agira toujours sur un côté du piston, pendant que le vide s'opérera de l'autre; l'effet qu'elle produit sur le piston est égal en montant comme en descendant, et la puissance est beaucoup plus régulière, et peut être appliquée au mouvement de rotation.

Dans la machine à simple effet comme dans la machine à double effet, on ne fait pas usage de la pression atmosphérique; mais la vapeur qui était employée dans les anciennes machines à chasser l'air atmosphérique, et à laisser ensuite un vide pour sa propre condensation, est d'abord employée comme force directe, et sa condensation laisse un vide qui ajoute à l'action produite. La machine à simple effet n'a donc pas gagné en puissance sur la machine atmosphérique, en proportion de la vapeur employée, autrement que par la portion qui a servi à maintenir le cylindre chaud. La machine à double effet est simplement un moyen de faire agir la vapeur successivement sur les deux côtés du piston, en employant une quantité double, et en produisant ainsi une force double de la machine à simple effet.

On peut adopter, suivant les circonstances, d'autres dispositions pour faire ce changement de communication, afin de produire la double action. Celle dont nous avons donné la description en dernier lieu, sous la dénomination de robinet à quatre ouvertures, n'a pas été jugée convenable et propre aux grandes machines, parce que les robinets, suffisamment grands pour laisser échapper assez de vapeur, éprouvaient un si grand frottement dans leurs *collets*, qu'il fallait dépenser une force considérable pour les faire tourner. C'est par ce motif que le procédé le plus généralement adopté dans les machines de grande dimension est celui des soupapes qui s'ouvrent et se ferment au moyen de leviers et à des intervalles réguliers.

On voit dans la fig. 173 l'arrangement intérieur de ce système. C est un tuyau recevant la vapeur de la chaudière, et lui servant de conduit, et D K un tuyau aboutissant au condenseur L. *op, mn* sont deux boîtes divisées chacune intérieurement en trois compartiments, dans lesquels sont les soupapes *efgh*, s'ouvrant par le haut; dans chacune des boîtes, en dessus et en dessous, il y a une communication en *a* et en *b*, avec le haut et le fond du cylindre. La vapeur arrive par le tuyau C, entre dans la chambre supérieure de la boîte d'en haut, et au moyen du tuyau *a* la traverse, et va se rendre à la chambre supérieure de la boîte d'en bas; puis le tuyau K D établit une communication de chacune des chambres d'en bas avec le condenseur L.

En ouvrant la soupape *h*, la partie inférieure du cylindre sera en communication par l'ouverture *b* et le tuyau K avec le condenseur L; et si au même instant la soupape *e* est ouverte, on introduira la vapeur par C dans le centre de la chambre de la boîte d'en haut, et par l'ouverture *a* dans la partie supérieure du cylindre: par conséquent la vapeur arrivera dans la partie su-

périeure du cylindre, pendant que la partie inférieure sera en communication avec le condenseur, et alors le piston sera forcé de descendre. Si on ferme ces soupapes, et qu'on ouvre les soupapes *g, f*, la vapeur passant par *C i*, par la soupape *g* et l'ouverture *b*, arrivera dans la partie inférieure du cylindre; il s'établira en même temps une communication du haut du cylindre avec le condenseur par l'ouverture *a*, la soupape *f* et le tuyau *K D*; en sorte que le piston sera forcé de remonter.

Quoique ce procédé pour effectuer les changements de communication ne soit pas aussi simple que celui du robinet à quatre ouvertures, il a cependant un avantage sur le robinet qui le fait préférer à tous égards; c'est que les mouvements des soupapes étant indépendants les uns des autres, on peut, quand on veut, intercepter à des intervalles différents la vapeur et la communication avec le condenseur, ce qui donne la facilité de ne laisser agir la vapeur sur le piston que pendant la moitié de la course seulement. M. Watt trouva ce moyen pour économiser la vapeur. Outre cet avantage, qu'on peut réaliser dans d'autres machines par des moyens fort simples, la soupape libre a encore celui de sa légèreté, qui la rend bien supérieure quand on la compare aux tiroirs ou robinets adaptés aux grandes machines.

Dans les petites machines ces avantages, n'étant pas d'une aussi grande importance, sont plus que contrebalancés par la simplicité que procurent les autres procédés.

Le premier qui s'offre à notre observation fut inventé par M. Murray de Leeds: on l'a représenté dans la fig. 179, où l'on a dessiné une coupe de cet appareil, qu'on appelle *soupape à tiroir*. *A* est le tuyau à vapeur communiquant à la chaudière; *B* une chambre fermée, dans laquelle le tiroir *CC* monte et descend au moyen d'une tige *DD* qui passe dans une boîte à étoupes en *E*. *GG* est une communication de la chambre *B* à la partie supérieure du cylindre; *HH* une communication de la partie inférieure du cylindre avec la boîte à vapeur; enfin *II* est la communication avec le condenseur. La chambre *C* étant placée comme elle est représentée dans la figure, il est clair que la vapeur arrive au haut du cylindre, et qu'il existe une communication par *HH* et *II* entre le dessous du piston et le condenseur. Si on faisait monter *CC*, la communication serait renversée, c'est-à-dire que le dessus du piston communiquerait par *II* avec le condenseur, et que la vapeur passerait par la tige *HH* pour se rendre dans la partie inférieure du cylindre. Le mouvement de *CC* en haut et en bas produit l'effet alternatif.

M. Boulton et Watt ont introduit un nouveau procédé commode et utile à la fois pour distribuer la vapeur dans de petites machines; en voici la description.

Fig. 180. *AB* et *CD*. représentent les deux tiroirs faisant fonctions de soupapes; ils peuvent s'élever et descendre au moyen de la tige *E*; leurs faces en *A* et en *C* sont faites de manière à s'ajuster exactement sur la surface intérieure de la boîte, et à ne pas laisser échapper la vapeur. La partie postérieure *B* et *D*, comme on le voit, est demi-circulaire, pour qu'on puisse l'envelopper de chanvre comme le piston. *G* et *H* sont des communications avec le haut et le bas du cylindre, *I* est le passage de la vapeur venant de la chaudière; dans certaines machines, elle vient de l'enveloppe du cylindre. *K* est le tuyau de décharge qui porte la vapeur dans le condenseur.

Maintenant, si la tige s'élève jusqu'à ce que la surface inférieure de A B soit au-dessus de l'ouverture H, la surface inférieure de C D sera au-dessus de l'ouverture G, et conséquemment la vapeur passera de I dans la partie supérieure du cylindre H; la vapeur qui est dans la partie inférieure passera dans le condenseur par G et NK. Si au contraire la surface supérieure de A B se trouve au-dessous de H, C D sera au-dessous de G, et la vapeur passera par l'ouverture O, descendant dans un tuyau derrière M K, par P, et au moyen de G elle s'introduira dans la partie inférieure du cylindre, pendant que M K ouvrira une communication par H entre le haut du cylindre et le condenseur. Dans le premier cas le piston descendra, tandis que dans le second il remontera : on obtiendra donc le mouvement de *va et vient*.

La fig. 181 indique une autre manière de construire des soupapes d'après ce principe. Au lieu de donner la forme demi-circulaire à leur surface extérieure, on introduit par derrière une surface plate, et l'on obtient un contact parfait en faisant les faces, les derrières et les côtés des soupapes, qui sont en cuivre, de manière qu'elles puissent s'ajuster sur des plaques de même matière, et se visser avec elles. Ces soupapes ou *tiroirs* sont ombrées. Dans la position indiquée par la figure, la vapeur venant de la chaudière par I, passe au dessus du piston par H; et celle qui est au dessous du piston se rend dans le condenseur en passant de G en K par N. Mais si l'on fait descendre les tiroirs jusqu'à ce que l'ouverture C se trouve vis-à-vis G, le tiroir supérieur sera au-dessous de H, la vapeur entrera par P dans la partie inférieure du cylindre au moyen de G, et l'absorption s'effectuera de H à K par M.

La fig. 182 est une combinaison de ce qu'on appelle soupapes concentriques; leur distribution est exactement semblable à la distribution de celles dont nous avons déjà donné la description. Les tiges auxquelles les soupapes inférieures sont attachées, tant dans les boîtes du haut que dans celles du bas, traversent les tiges des soupapes supérieures, qui sont des tuyaux. Cette méthode de construire les soupapes est de M. Murray. On peut les faire mouvoir de plusieurs manières, mais la plus généralement adoptée est représentée fig. 182 et 182\*, où les tiges *d e*, attachées aux leviers en croix qui se meuvent sur les centres G, etc., agissent sur les soupapes. Ainsi la tige *e*, en descendant, fera descendre la soupape supérieure dans la boîte inférieure, laquelle ferme l'entrée de la vapeur et du dessous du piston. En même temps elle fermera la soupape inférieure de la boîte supérieure, qui met le dessus du piston en communication avec le condenseur. Pendant cette opération, la tige *d* montera, ouvrant la communication entre le dessous du piston et le condenseur, ainsi que celle entre le dessus du piston et la chaudière.

#### DU PISTON.

Maintenant que nous croyons avoir suffisamment expliqué les divers modes de diriger la puissance immédiate de la vapeur, nous allons examiner la construction du piston.

La fig. 183 représente une coupe du piston dont on se sert le plus communément dans les machines à condensation; le dessous du piston tient à la tige *d d*, et le dessus est susceptible de glisser sur la tige *d*. On introduit du

chanvre imbibé de suif dans l'intervalle C E, qui se trouve pressé contre les parois du cylindre, quand on descend la plaque supérieure DD, au moyen des vis E E ; ce qui rend parfait le contact entre le cylindre et le piston, et empêche la vapeur de s'échapper. Comme cette garniture s'use par le frottement contre le cylindre, on la fait sortir en dehors en serrant les vis ; et quand elle est tout à fait usée, il faut relever la plaque D D et regarnir le piston.

Cette construction du piston convient parfaitement aux machines à condensation ; mais dans les machines à haute pression, le chanvre s'use si rapidement par la chaleur et le frottement, qu'on a introduit avec avantage des pistons entièrement métalliques.

La fig. 184 représente une espèce de piston métallique, vu en plan. A A est un cercle de cuivre divisé en quatre segments égaux ; ils sont posés sur la plaque B B qui est liée à la tige de piston *dd*, comme on le voit dans la fig. 185. Ces segments sont chassés contre la surface du cylindre par des ressorts quelconques appuyés sur la tige du piston D. Dans la même figure, A représente le profil d'un cercle semblable, divisé comme l'autre en quatre parties égales. On applique ces segments sur le cercle mentionné ci-dessus, de manière à ce que les divisions ou séparations tombent au milieu des quatre autres pièces ; elles sont *refoulées* de la même manière par des ressorts contre les côtés du cylindre ; la plaque C C recouvre le tout. Le dessus et le dessous de la plaque et des cercles sont soigneusement garnis pour retenir la vapeur ; quoiqu'on se serve de ce genre de piston depuis longtemps et avec succès, il n'en est pas moins défectueux, parce que les cercles s'ouvrent près des interstices et entre les segments et, donnant passage à la vapeur, la laissent pénétrer dans l'intérieur où sont posés les ressorts, et de là, par des interstices semblables, vers l'autre partie du piston.

On voit dans la fig. 186 une construction plus avantageuse du piston métallique ; il est composé de six pièces de cuivre façonnées, comme il est indiqué dans la figure par A B C D E F. A B C sont des segments de cercle faits pour entrer exactement dans le cylindre, contre lequel ils sont serrés par les coins D E F, qui sont eux-mêmes pressés par des ressorts. Lorsque les segments A B C s'usent de manière à se partager aux angles, les coins se rejettent contre le cylindre et tiennent l'espace toujours bouché. Des pistons de ce genre ont servi pendant plusieurs années, sans qu'on ait été obligé d'y faire le moindre changement.

#### COMMUNICATIONS DE MOUVEMENT.

Après avoir suffisamment examiné la construction du cylindre, qui est le siège du mouvement, et les moyens de distribuer la force de la vapeur, afin de produire une action de *va* et *vient*, il nous reste à faire voir comment se transporte cette action, sans qu'il y ait discontinuité de mouvement.

Le mouvement d'un robinet à quatre branches est donné par une *bielle* : c'est une tige verticale tenant au balancier de la machine, comme on le voit dans la fig. 187. O, P sont deux *chevilles* placées à une distance telle l'une de l'autre, que celle d'en haut O forcera la manivelle N de venir se placer en N', au moment où le piston sera parvenu au bas du cylindre, et la *cheville* P est placée de façon à porter le piston vers la première position, au moment

où le piston remonte. Mais on se sert rarement de la bielle dans les machines qui ont un mouvement de rotation, et quand il n'y en a pas, les machines n'étant pour la plupart qu'à simple effet, il ne faut de la force que quand le piston descend.

Dans les machines à faire tourner un moulin, où il existe un mouvement de rotation, on communique le mouvement aux diverses pièces du mécanisme par une verge que le volant met en action au moyen d'un mouvement excentrique. On en voit la disposition dans la fig. 188.

A est la coupe de l'axe du volant; B est une pièce circulaire sur l'axe, autour de laquelle sont attachées les demi-circonférences CC, pour que B puisse tourner dessus. Lorsque la révolution de l'axe A porte B dans la situation du cercle ponctué B', il est évident qu'il aura forcé la verge à parcourir une longueur horizontale égale à la distance du centre de A à B', et lorsque dans le cours de sa révolution il aura amené B au point B'', il lui aura fait parcourir une distance semblable en sens contraire; conséquemment, le total du mouvement horizontal communiqué ainsi à la verge DEK sera la distance de B' à B'' : le mouvement horizontal se convertit en mouvement vertical par l'action de la manivelle hgi, qui fait monter et descendre la verge K, sur laquelle est fixée la soupape à coulisse ou tiroir.

La fig. 182 indique la méthode de faire mouvoir les verges des soupapes concentriques. E est la verge du mouvement excentrique qui, par son mouvement en arrière et en avant, fait agir les extrémités ff d'une pièce T attachée au centre G, et les fait monter et descendre alternativement, ouvrant et fermant chaque paire de soupapes, comme il a été démontré plus haut.

La fig. 190 représente une méthode pour se servir du mouvement excentrique applicable aux machines d'une grande puissance. AB est une plaque de fer susceptible d'osciller autour de son centre H; F est une verge mue par l'excentrique, faisant rouler le poids C sur un rouleau le long de la surface de AB. Les pièces de loquet DDD' se meuvent autour de deux chevilles; les points d'arrêt MN les empêchent de tomber en avant. La tige des soupapes indiquée en e, est attachée par le levier PH à l'axe partant du centre H; les deux pièces G, I supportent AB dans les deux positions indiquées, l'une par les lignes pleines, l'autre par les lignes ponctuées. Lorsque la verge F est en mouvement, elle porte le poids C vers A, par suite du mouvement de l'excentrique, et ce poids agissant en ce point, soulève le loquet D et permet à l'extrémité A de AB de tomber, pendant que l'extrémité B, en s'élevant, s'accroche d'elle-même en D', ainsi qu'on le voit dans la position de AB, indiquée par les lignes ponctuées; par ce mouvement HP, placé sur le même axe H, descend, entraîne avec lui la tige E attachée aux soupapes. Alors le mouvement du poids C, changeant subitement et se dirigeant vers F, agit sur l'autre loquet D', et remet les soupapes dans leur première position.

Comme le balancier de toutes les machines oscille autour d'un centre, il s'ensuit que chacune de ses extrémités décrit des portions de cercle; et comme il faut que la tige du piston monte et descende en ligne droite, elle ne doit pas être attachée à l'extrémité du balancier. Dans les machines anciennement construites, où la force agissait aux deux extrémités du balancier (l'une soulevant le poids, l'autre pressant la vapeur sur le piston), chacune portait une chaîne qui était attachée aux tiges de la pompe et du piston,

comme on le voit dans la fig. 170. Mais dans les machines à *double effet*, où la tige du piston refoule en haut de même qu'elle attire et pousse en bas, la chaîne ne peut plus être employée; il faut se servir d'une autre méthode pour maintenir la tige du piston dans une position verticale: la meilleure dont on ait fait usage jusqu'à présent est le *parallélogramme articulé*, dont on saisira le principe en se reportant à la fig. 191.

Supposons l'une des extrémités AB d'un balancier tournant autour de son centre en A; le point B décrira l'arc CC', et entraînera tout ce qui y est attaché dans la direction de cet arc. Supposons ensuite un autre balancier GH d'une longueur égale à AB, tournant autour de son centre G; le point D, milieu de la pièce LA, qui unit les deux balanciers, montera ou descendra suivant une ligne verticale par les oscillations de AB et HG, car la courbe l'éloignera autant du rayon AB vers A que la courbe du rayon HG l'attirera vers G; les mouvements, se compensant l'un par l'autre, feront monter et descendre I suivant une ligne verticale.

On a donné dans la fig. 192 un moyen plus simple, et qui convient très bien aux petites machines. La pièce qui est attachée au bout du balancier et de la tige du piston porte deux galets, un de chaque côté, qui glissent entre les coulisses DD, DD, et qui font suivre au piston, attaché en C, une ligne verticale.

Toutes les machines à vapeur sont combinées pour marcher uniformément, et pour donner un certain nombre de coups de piston par minute; on admet généralement que le nombre de mètres parcourus par le piston, en montant et en descendant dans le cylindre, doit être de 60 à 70 par minute pour que la machine donne un bon résultat.

Il est bien clair que pour obtenir cette régularité d'action, il faut régulariser la quantité de puissance qui doit produire le mouvement, ou, ce qui est la même chose, régulariser la force élastique qui doit agir à chaque coup de piston; c'est une chose un peu difficile à exécuter, et qui dépend surtout de la chaleur uniforme du feu qui produit la vapeur: on ne devrait donc confier le soin du feu qu'à une personne bien exercée dans cette partie. Il y a cependant des inventions, appelées régulateurs, qui sont d'un grand secours pour entretenir une action régulière, et qui remplissent suffisamment le but quand on n'a pas besoin d'une grande exactitude.

#### DU RÉGULATEUR.

Le régulateur, dont nous avons déjà donné la description en parlant de l'*égalsation du mouvement* dans les moulins, agit suivant le principe de la force centrifuge, et n'est applicable qu'aux machines qui ont un mouvement de rotation.

La manière de se servir du régulateur est de le rattacher au moyen de leviers à une *soupape*, ainsi qu'on le voit dans la fig. 193. A B représente une coupe du tuyau qui conduit la vapeur de la chaudière, muni d'une petite soupape composée d'un disque en fer, qui tourne à volonté, et qui prend une position parallèle à l'axe du tuyau, ou bien qui le bouche de façon à intercepter toute communication.

Le régulateur se place dans une partie quelconque de la machine sur un axe vertical. Quand le volant gagne ou perd en vitesse, il communique la même

variation au régulateur, et fait écarter ou rapprocher les *boules* l'une de l'autre. Alors le levier attaché au collier du régulateur tourne la manivelle C, laquelle ouvre plus ou moins la soupape, et donne passage à une quantité de vapeur calculée de manière à produire un mouvement régulier.

Cette espèce de régulateur ne convient nullement aux machines à simple effet, qui ne créent point le mouvement de rotation; il ne pourrait pas s'adapter non plus à la régularisation qu'elles demandent; car, comme elles ne tournent que dans un sens, et que la vapeur est tout à fait interceptée à la fin de chaque coup, on cherche à rendre la puissance uniforme à chaque coup plutôt qu'à obtenir une quantité de vapeur régulière et continue.

Les machines qui fournissent de l'eau dans les villes ont surtout besoin de cette espèce de régulateur; parce que, quand il faut approvisionner les différents quartiers, la diversité de grandeur et de situation occasionne une variation considérable dans le fardeau qui pèse sur la machine. Dans les machines destinées à ce service, il y a deux mentonnets en bois qui traversent chaque extrémité du balancier. Ces mentonnets, lorsque le fardeau est allégé, et que la machine fait un coup trop long, frappent, en descendant, le plancher supérieur de l'édifice de la machine, et font sonner une cloche pour avertir le gardien qu'il faut intercepter la vapeur, ou diminuer la longueur de la course du piston. Dans les machines de nouvelle construction, ces mentonnets sont disposés de manière à frapper un levier qui intercepte intérieurement la vapeur, ou qui ouvre un robinet pour l'introduire dans le cylindre; dans l'un ou l'autre cas, le mouvement de la machine cesse.

On régularise la longueur de la course du piston en introduisant un tuyau qui va de l'eau qui est dans le réservoir à air à un petit cylindre à piston mobile. L'eau provenant du réservoir fait force contre le dessous du piston, et le fait monter lui et sa verge; ce mouvement régularise la course du piston.

Telle est la construction générale des machines en usage aujourd'hui; mais il y a pour les chaudières une foule d'appareils ingénieux qui méritent d'être connus et rapportés.

#### DES CHAUDIÈRES.

La fig. 194 représente une chaudière pourvue de tous les accessoires qu'on y emploie ordinairement, et placée sur un fourneau construit exprès; la coupe laisse voir une partie du fourneau. B la chaudière dont on a expliqué l'usage; C est le *manomètre* représenté en détail dans la fig. 195; son but est de faire connaître la pression de la vapeur dans la chaudière. C'est un tube de fer recourbé, communiquant à la chaudière par le bout A, l'autre bout B restant ouvert à l'atmosphère. Le tube est rempli de mercure jusqu'en C et D, et contient une baguette de bois E, placée dans le tube B. Cette baguette, qui s'appuie en D sur la surface du mercure, monte et descend avec elle. Au dessus du tube est placée une plaque de cuivre divisée en centimètres et numérotée pour servir d'échelle. La baguette doit avoir une certaine longueur pour que le bout d'en haut arrive juste à la première marque de l'échelle.

Si la vapeur de la chaudière fait effort contre le mercure en C, et qu'elle élève la surface D d'un centimètre (ce qui sera indiqué sur l'échelle par l'élévation du bout de la baguette au chiffre 1), c'est une preuve qu'il y a pression



de 13,6 grammes par centimètre carré contre la surface intérieure de la chaudière, et tendant à la faire crever; car si la coupe de l'orifice du tuyau était justement d'un centimètre de surface, la pression supporterait un centimètre cube de mercure, dont le poids est de 13,6 grammes; on peut donc compter près de cent grammes de pression pour 7 centimètres d'élévation; et comme les machines à condensation agissent rarement avec plus de 200 grammes de pression par centimètre carré, l'échelle ne doit pas avoir plus de 15 à 18 centimètres de longueur.

C' est une forte plaque de fer, recouvrant un trou rond ou ovale d'environ 50 centimètres de diamètre, par lequel un homme entre dans la chaudière pour la nettoyer ou l'examiner.

D est le tuyau à vapeur contenant la soupape E, à laquelle se rattache la verge partant du régulateur. F F' sont des robinets d'épreuve; I est un tuyau alimentaire qui passe dans la chaudière, et descend presque jusqu'au fond. H le réservoir au-dessus du tuyau alimentaire; *i i* est un flotteur en pierre calculé de manière à rester toujours sur la surface de l'eau dans la chaudière. Le flotteur, montant et descendant comme l'eau, agit sur le levier K K' par le fil de métal I<sup>s</sup> qui passe en I<sup>1</sup>; et quand l'eau baisse, il attire en bas le bout K, lequel fait lever le bout K' et en même temps la soupape M qui y est attachée. Par ce moyen, lorsque la chaudière a besoin d'eau, la soupape M s'ouvre, et lui fournit celle qui est dans le réservoir H.

Le tuyau alimentaire I I est fait pour contenir une colonne d'eau égale au total de la pression opérée par la vapeur dans la chaudière, pression qui, nous l'avons déjà dit, ne doit pas excéder le contrepoids de 15 à 18 centimètres de mercure. La densité du mercure étant à celle de l'eau comme 13,6 est à 10, le tuyau doit s'élever de 2<sup>m</sup>50 environ au-dessus de la surface de l'eau, la chaudière étant supposée pleine, et l'eau dans le tuyau alimentaire devra monter à un mètre environ quand la pression sera de 7 centimètres de mercure.

Le tuyau alimentaire contient aussi un poids de fer O, suspendu par une chaîne qui passe sur deux poulies P P. A l'autre bout de la chaîne est attachée une feuille de tôle appelée registre. Quand la vapeur est en trop grande abondance dans la chaudière, elle refoule en haut l'eau du tuyau alimentaire, celle-ci élève le poids de fer O, et ce dernier fait descendre le registre qui bouche en partie l'ouverture de la cheminée, et ralentit l'action du feu.

S est une soupape de sûreté, chargée d'un poids déterminé, et dont l'ouverture est assez grande pour laisser échapper de la chaudière l'excédant de la vapeur, si la pression dépassait un certain degré. Elle est renfermée dans une enveloppe pleine pour empêcher le gardien ou conducteur de la machine d'en approcher, parce qu'il y a des conducteurs qui ont l'imprudence de charger les soupapes de sûreté, pour s'épargner la peine de surveiller le feu avec l'attention nécessaire, et qui exposent ainsi leur vie et celle des autres.

Un tuyau va de l'enveloppe de la soupape à la cheminée, pour y conduire toute la vapeur qu'on veut faire échapper.

Il y a encore fort souvent une autre soupape de sûreté qui est ouverte sous les yeux du conducteur pour l'avertir quand le feu est trop fort.

T T est un tuyau fait en tôle, et passant longitudinalement par le centre de la chaudière, et si près du fond qu'il est toujours recouvert d'eau.

La flamme et la fumée du feu en *n n* passent d'abord sous la chaudière, et

puis rétrogradent par ce tuyau ; elles se divisent ensuite, et passent par des tuyaux qui les conduisent des deux côtés de la chaudière jusqu'à la cheminée.

V est un robinet pour vider la chaudière quand on veut la nettoyer ou la réparer.

Nous venons de retracer la construction et l'arrangement général des parties dans les machines de M. Boulton et Watt. Nous allons passer à l'examen de plusieurs autres formes de machines qui condensent aussi leur vapeur.

M. Hornblower ayant trouvé qu'on pourrait obtenir une plus grande puissance de la vapeur, si on la faisait agir dans deux cylindres, obtint un brevet pour cet objet en 1781. Nous transcrivons littéralement son rapport, tel que nous l'avons trouvé dans sa demande.

« D'abord, dit M. Hornblower, j'emploie deux vases dans lesquels doit agir la vapeur, et que dans les autres machines on appelle cylindres. Secondement, après que la vapeur a agi dans le premier vase, je la fais agir une seconde fois dans l'autre, en lui laissant la faculté de se dilater. Dans ce but, je rapproche les vases l'un de l'autre, je les rattache en y ménageant des conduits et des ouvertures par où la vapeur puisse passer librement de l'un dans l'autre. Troisièmement, je condense la vapeur en la mettant en contact avec des surfaces de métal, pendant que l'autre côté de ces surfaces est en contact avec l'eau. Quatrièmement, pour décharger la machine de l'eau servant à condenser la vapeur, je suspends une colonne d'eau dans un tube ou vase construit exprès d'après les principes du baromètre, l'extrémité supérieure communiquant avec les vases à vapeur, et l'extrémité inférieure plongeant dans un vase d'eau. Cinquièmement, pour décharger l'air qui entre dans les vases à vapeur avec l'eau condensante ou autrement, je l'introduis dans un vase séparé d'où la vapeur vient le chasser. Sixièmement, pour que la vapeur condensée ne reste pas dans le vase à vapeur où elle se condense, je la recueille dans un autre vase qui communique avec les vases à vapeur, et avec l'eau du réservoir ou de la rivière. Enfin, dans les cas où l'atmosphère doit agir sur le piston, je fais usage d'un piston construit de manière à laisser circuler la vapeur tout autour de lui, et à ce qu'elle touche les côtés du vase à vapeur, pour empêcher l'air extérieur de passer entre le piston et les côtés du vase à vapeur. »

Voici la description de cette machine, rédigée par l'inventeur lui-même : A et B, fig. 196, représentent deux cylindres dont A est le plus grand ; ils contiennent chacun un piston avec leurs tiges C et D, qui se meuvent dans des collets E et F. Ces cylindres reçoivent la vapeur de la chaudière au moyen d'un tuyau carré G, qui a une ouverture pour le mettre en communication avec le reste du tuyau à vapeur. Cette partie carrée s'embranché avec les deux cylindres ; c et d sont deux robinets qui ont des manivelles comme à l'ordinaire, mues par le balancier W. En avant des cylindres (c'est-à-dire du côté du spectateur) on voit un autre tuyau de communication dont la coupe est aussi carrée ou rectangulaire, ayant également deux robinets a b ; le tuyau Y immédiatement au-dessous du robinet b met en communication les parties supérieure et inférieure du petit cylindre B, en ouvrant le robinet b. Il existe un tuyau semblable de l'autre côté du cylindre A, immédiatement au-dessous du robinet d.

Les robinets c et a étant ouverts, et les robinets b et d fermés, la vapeur

passé librement de la chaudière dans la partie supérieure du petit cylindre B, et celle qui est dans la partie inférieure du cylindre B passe dans la partie supérieure du grand cylindre A ; mais la partie supérieure de chaque cylindre n'a aucune communication avec la partie inférieure.

Du fond du grand cylindre part le tuyau de décharge K qui a une soupape à son ouverture dans ce cylindre ; de là il va en descendant, et se lie avec le condenseur conique L. Le condenseur est fixé sur une boîte creuse M sur laquelle sont placées les pompes N et O, qui aspirent l'air et l'eau dans la bache T ; l'eau, qui se trouve déjà presque à l'état d'ébullition, est recueillie dans un réservoir U, où la pompe V la prend pour l'alimentation de la chaudière. Il y a en S immédiatement sous le condenseur une soupape à robinet, au-dessus de laquelle est un petit conduit à jet aboutissant à la courbure du tuyau de décharge K. Tout l'appareil à condensation est renfermé dans un réservoir d'eau froide R ; un petit tuyau P part du côté du condenseur et finit au fond de la bache T, où il est recouvert d'une soupape Q, qui est tenue serrée par l'eau qui passe constamment dessus.

Enfin, les tiges de pompe H obligent le bout de dehors du balancier à l'emporter sur l'autre, de sorte que l'état de repos du balancier est celui représenté dans la figure, les pistons étant au sommet des cylindres.

Supposez les robinets ouverts, la vapeur arrivant en abondance de la chaudière et la condensation n'ayant pas lieu en L : la vapeur chassera d'abord l'air, et le suivra jusqu'à la soupape Q. Maintenant fermez les robinets *bet d*, et ouvrez la soupape S du condenseur, la condensation commencera aussitôt et absorbera la vapeur de la partie inférieure du grand cylindre. Comme, dans ce moment, il n'y a plus de résistance en dessous du piston du grand cylindre A, il descendra de suite. Si la communication Y entre la partie inférieure du petit cylindre B et la partie supérieure du grand cylindre A est ouverte, la vapeur passera de la partie inférieure de B dans le vide formé par la descente du piston de A ; là elle se dilatera, son élasticité diminuera, et ne balancera plus la pression de la vapeur provenant de la chaudière et pressant sur le piston de B.

Donc si ce piston n'était pas contenu par le balancier, il descendrait jusqu'à ce qu'il fût maintenu en équilibre par l'effet de la densité égale de la vapeur, qui se trouverait en dessus et en dessous. Mais il est impossible qu'il descende aussi vite, car le cylindre A est plus grand que le cylindre B, et le segment auquel le grand piston est suspendu n'est pas plus long que le bras qui soutient le piston de B. Ainsi, lorsque le piston de B est descendu autant que le balancier le permet, la vapeur qui est entre les deux pistons occupe un plus grand espace que lorsque les deux pistons étaient en haut de leurs cylindres, et elle perd de sa densité à mesure que son volume augmente. La vapeur qui se trouve au-dessous du petit piston ne fera donc pas contrepois à la vapeur qui est au-dessus. Alors le piston B agira pour faire descendre le balancier avec toute la différence de ces pressions.

Le lecteur doit voir à la seule inspection que, puisque les pistons descendent, la vapeur qui est entre eux deviendra de plus en plus rare, et moins élastique, et que les deux pistons attireront le balancier en bas. Supposez donc que chaque piston soit parvenu au fond de son cylindre ; fermez le robinet *a* et la soupape de décharge au fond de A, puis ouvrez les robinets *b* et *d*. La communication étant alors établie entre la partie supérieure et inférieure de

chaque cylindre, leurs pistons seront pressés également en dessus et en dessous ; dans cette position, rien n'empêche donc le contrepoids d'enlever les pistons vers le haut du cylindre.

Supposons-les arrivés en haut : dans ce moment le cylindre B est rempli de vapeur d'une densité ordinaire, et le cylindre A d'une quantité égale de vapeur, mais dilatée dans un plus grand espace. Si l'on ferme les robinets *b* et *d*, et qu'on ouvre le robinet *a* et la soupape de décharge qui est au fond de A, la condensation aura lieu de nouveau et fera descendre les pistons ; on peut répéter cette opération tant qu'il y a de la vapeur, et il se dépense pendant chaque coup de piston autant de vapeur ordinaire que peut en contenir le cylindre B.

Les robinets de cette machine se composent de deux plaques circulaires unies étroitement l'une avec l'autre : l'une d'elles tourne sur une cheville qui les traverse au centre ; elles sont percées chacune de trois ouvertures en forme de secteur, correspondant exactement l'une avec l'autre, et occupant un peu moins de la moitié de leurs surfaces. En tournant la plaque mobile de manière à faire coïncider les ouvertures, on ouvre un large passage à la vapeur, et si on la tourne de manière à ce que la partie solide de l'une recouvre l'ouverture de l'autre, le robinet est fermé. Ces espèces de régulateurs sont très communs aujourd'hui dans les poêles de fonte pour chauffer les appartements. Voici les procédés de M. Hornblower pour que les boîtes à étoupes où passent les tiges de pompes soient imperméables à l'air. Il y a deux *collets* placés à une petite distance l'un de l'autre, et un petit tuyau partant du tuyau de vapeur qui communique avec l'espace qui se trouve entre les deux *collets*. Cette vapeur, étant un peu plus forte que la pression de l'atmosphère, empêche efficacement l'air de pénétrer par le *collet* supérieur ; quand même il entrerait un peu de vapeur dans le cylindre par le *collet* inférieur, elle ne ferait aucun mal. Voici comment est faite cette boîte à étoupes. Sur le haut du cylindre est une boîte pour contenir quelque substance molle, et cependant assez serrée pour embrasser la tige du piston dans son mouvement de haut en bas, et *vice versa* ; et c'est ordinairement une espèce de corde tressée d'étoffe blanche, introduite avec soin, enfoncée doucement, remplissant environ le tiers de sa profondeur ; sur cette boîte est une espèce de trépied ayant un cercle de cuivre plat en dessus et un autre en dessous ; ces cercles sont d'une largeur égale à l'espace qu'il y a entre la tige du piston et le côté de la boîte. Ce cercle ainsi composé, étant placé par dessus le bout de la tige du piston, il faut remettre dessus une nouvelle quantité de cette étoffe, et l'enfoncer doucement comme la première fois ; alors il reste un vide entre ces deux garnitures, et ce vide se remplit de forte vapeur venant de la chaudière. Par ce moyen la garniture qui est autour de la tige du piston est disposée de manière à empêcher l'air d'entrer dans le cylindre, quand même il y aurait parfois un vide partiel au-dessus du piston.

La description de cette machine donnée par M. Hornblower était accompagnée d'une recherche mathématique des principes de son action par l'ingénieur professeur Robinson, dans laquelle il démontre que c'est en effet la même chose que la machine à vapeur de M. Watt ; mais, quoique cela soit vrai, il y a cependant une différence considérable dans les moyens par lesquels on arrive au résultat, et cette différence procure un avantage important dans

la pratique. Nous donnerons ce calcul sous une forme plus simple et plus à la portée de tout le monde, en ne faisant usage que de l'arithmétique élémentaire. M. Hornblower a prétendu que la puissance ou la pression de la vapeur est en raison inverse de l'espace dans lequel la vapeur se dilate; cela est vrai à l'égard de l'air, et nous allons accorder pour un moment qu'il en est de même de la vapeur, et raisonner d'après les données mêmes de l'ingénieur inventeur.

Pour expliquer clairement ce qui se passe dans les deux cylindres, il faut nous écarter de la forme rigoureuse de la machine et simplifier la construction par la pensée. Supposons, par exemple, que la machine soit faite comme la fig. 197 la représente, les deux cylindres étant disposés l'un sur l'autre, celui d'en bas ayant une capacité double de celui d'en haut, et les deux pistons étant attachés à la même tige, laquelle est appliquée à l'extrémité du balancier, afin que la descente des pistons fasse lever le poids qui se trouve à l'extrémité opposée.

Si le petit piston a 10 centimètres de diamètre, le grand piston devra en avoir 14,3 pour que la capacité du grand cylindre soit double de celle du petit.

Pour lever toutes les difficultés, touchant le rapport entre la dilatation et la pression de la vapeur, nous supposerons la machine mue par la pression de l'air atmosphérique, au lieu de l'être par la pression de la vapeur; et pour faire notre calcul en nombres ronds, nous porterons la pression à 1 kilogramme par centimètre carré, sur la surface du piston.

L'aire du petit piston sera de 100 centimètres carrés, et, abstraction faite du frottement, la pression qui agira sur lui sera de 100 kilogrammes. L'aire du grand piston sera le double de celle du petit ou de 200 centimètres carrés, et la pression sera de 200 kilogrammes.

Supposons les deux pistons au sommet de leurs cylindres respectifs; laissons agir librement l'air atmosphérique sur la surface supérieure du petit piston: l'espace entre les deux pistons est rempli d'air de la même densité, pendant qu'il se fait un vide parfait dans la partie inférieure du grand cylindre, en dessous de son piston.

Dans cet état, les deux pistons commenceront à descendre avec une pression d'un peu moins de 200 kilogrammes sur le grand piston, parce que l'air contenu dans l'espace qui se trouve entre les deux pistons pèse sur les 200 centimètres de surface avec un poids de 1 kilogramme par centimètre, et qu'il n'y a rien au-dessous de ce piston pour contrebalancer la pression. En même temps le petit piston se tient en équilibre par l'air d'une densité égale qui se trouve en dessus et en dessous.

Cette force balancerait un poids de 200 kilogrammes; mais supposons ce poids réduit à 190 kilogrammes, alors les pistons commenceront à descendre; mais ils s'arrêteront bientôt, parce que l'air répandu entre les deux pistons doit se dilater pour remplir l'espace que laisse la descente uniforme des deux pistons dans les cylindres, dont un a deux fois la surface de l'autre; et à mesure que l'air devient plus rare, sa pression sur le grand piston doit nécessairement diminuer. Mais comme cette même diminution donne au petit piston la faculté de descendre, nous considérerons d'abord séparément, puis conjointement, la pression qui agit sur chaque piston, et qui les fait descendre; nous connaîtrons ainsi la puissance qui met en mouvement le balancier.

<p><b>PUISSANCE QUI FAIT DESCENDRE le grand piston.</b></p>	<p><b>PUISSANCE QUI FAIT DESCENDRE le petit piston.</b></p>	<p><b>PUISSANCES QUI AGISSENT EN MÊME TEMPS sur les deux pistons.</b></p>
<p>Au premier instant la puissance sera de. . 200 kil.</p>	<p>Au premier instant la puissance sera de. . 0 kil.</p>	<p>Au premier instant. . 200 kil.</p>
<p>Par l'effet de la pression d'un kilogramme par centimètre carré sur la surface supérieure et de l'absence de pression en dessous.</p>	<p>Parce que le piston est en équilibre, ayant 100 kil. de pression en dessus et 100 en dessous.</p>	
<p>Au quart de la descente, la puissance se trouvera réduite, par des diminutions régulières, à. . . . . 160</p>	<p>Au quart la puissance sera de. . . . . 20</p>	<p>Au quart . . . . . 180</p>
<p>Parce que l'air qui existe entre les deux pistons doit occuper les trois quarts du petit cylindre et un quart du grand cylindre, espace égal à une fois et un quart celui qu'il occupait dans le principe; les espaces seront donc comme 5 : 4; et si la densité de l'air est en raison inverse de l'espace qu'il occupe, la pression sur le grand piston doit être comme 4 : 5, ou les quatre cinquièmes de 200 = 160.</p>	<p>Parce que l'équilibre ne continue pas et que au quart de la descente la pression en dessous du petit piston est réduite par la dilatation de l'air entre les deux pistons aux quatre cinquièmes de 100 = 80 kil., tandis que la pression qui a lieu en dessous du piston est toujours de 100 kil., la puissance est donc 100 - 80 = 20.</p>	
<p>A la moitié de la descente la puissance sera réduite à. . . . . 133,33</p>	<p>A la moitié de la descente la puissance aura augmenté et sera de. . 33,33</p>	<p>A la moitié. . . . . 166,67</p>
<p>Parce que dans cette position l'air d'entre les pistons occupe la moitié du petit cylindre et la moitié du grand, espace égal à une fois et demi l'espace qu'il occupait primitivement. Les espaces seront donc comme 6 : 4, et la pression sur le grand piston comme 4 : 6 ou les deux tiers de 200 = 133,33.</p>	<p>Parce que la pression en dessous diminue par la rareté croissante de l'air aux deux tiers de 100 = 66,67, tandis que la pression par en bas reste toujours à 100. La puissance est donc 100 - 66,67 = 33,33.</p>	
<p>Aux trois quarts de la descente la puissance sera seulement de. . 114,27</p>	<p>Aux trois quarts de la descente la puissance sera de. . . . . 42,86</p>	<p>Aux trois quarts. . . 157,11</p>
<p>Parce que l'air doit occuper maintenant un quart du petit cylindre et les trois quarts du grand,</p>	<p>Parce que la pression en dessous se réduit par la rareté de l'air aux quatre septièmes de 100 =</p>	

<b>PUISSANCE QUI FAIT DESCENDRE le grand piston.</b>	<b>PUISSANCE QUI FAIT DESCENDRE le petit piston.</b>	<b>PUISSANCES QUI AGISSENT EN MÊME TEMPS sur les deux pistons.</b>
espace égal à une fois et trois quarts l'espace primitif. Ainsi les espaces seront comme 7 : 4, et la pression sur le grand piston les quatre septièmes de 200 = 114,27.	57,14, donc la puissance est $100 - 57,14 = 42,86$ .	
Au fond du cylindre la puissance sera de. . . . . 400 kil.	Au fond la puissance sera de. . . . .	1. Au fond. . . . . 150 kil.
Parce que l'air doit occuper tout le grand cylindre, égal à deux fois le petit cylindre, qu'il remplissait d'abord, la pression sera donc la moitié de 200.	Parce que l'air en dessous du piston est réduit à la moitié de sa pression ou 50, qui ôtés de 100 laissent 50.	
Total de la pression exercée sur le grand piston en descendant. } 707,60	Somme des pressions exercées sur le petit piston. } 1610	Somme des pressions sur les deux pistons. } 853,80

Le docteur Rees, dans son Encyclopédie, a donné les remarques suivantes sur l'action de cette machine comparée avec le principe d'expansion adopté par M. Watt. L'expérience a lieu dans la même circonstance, c'est-à-dire sur un piston de 14,3 centimètres de diamètre, qui doit être mis en mouvement par une quantité de vapeur formant une pression d'un kilog. par centimètre carré, jusqu'à ce qu'il ait effectué la moitié de sa descente : dans le reste de sa course, le piston ne descendra que par la dilatation de la vapeur déjà contenue dans la moitié supérieure du cylindre.

Au commencement de la course, la puissance de la pression sera de. . . . . 200 kilogr.  
 Au quart la puissance sera encore de. . . . . 200  
 A la demie elle sera de. . . . . 200  
 Aux trois quarts de la descente la puissance sera réduite à. . . . . 153,33  
 Parce que la vapeur doit occuper un quart de la longueur du cylindre, jointe à cette moitié du cylindre qu'il occupait avant que la dilatation commençât; donc l'espace est une fois et demie le premier, ou comme 3 : 2; et la pression sera les deux tiers de 200.  
 Au bas la pression sera de. . . . . 100  
 Parce que la vapeur étant dilatée occupe deux fois l'espace qu'elle remplissait auparavant.

---

837,33 kil.

Cette pression, à peu de chose près, égale celle qui s'exerce sur les deux pistons de la machine de M. Hornblower; mais nos sommes sont plus fortes qu'elles ne devaient être, à cause de la manière imparfaite dont nous avons été obligés de faire notre calcul, ne voulant pas avoir recours au calcul différen-

tiel, seule méthode de traiter les quantités qui croissent et décroissent constamment, suivant une loi donnée.

La source de cette inexactitude se découvre facilement. D'abord nous avons estimé la pression à 200 kilog. dans la machine de M. Hornblower, et nous n'avons pas considéré qu'elle diminuait progressivement depuis le point de départ jusqu'à ce que le piston fût descendu au quart de sa course; mais nous avons raisonné comme si elle diminuait subitement à ce point-là, tandis qu'elle commence à diminuer dès l'instant de sa mise en mouvement. Nous avons donc pris ici une petite quantité de trop. Nous avons procédé également sans avoir égard à la diminution qui s'opère entre le quart et la moitié de la descente, ou entre les autres points où nous l'avons examinée; notre résultat est comme si la diminution avait eu lieu subitement à chacun de ces points. On aurait évité cet inconvénient en faisant le calcul pour un plus grand nombre de stations, parce que ce n'est que par les fluxions seules qu'on peut calculer un nombre infini, pour arriver à un résultat vrai. De même, dans le second calcul que nous avons fait de la machine à vapeur de M. Watt, nous avons pris un nombre de stations encore moindre en considérant la dilatation, parce que, bien qu'il y ait quatre degrés dans la progression du mouvement, il y en a deux avant que la dilatation commence.

Telle est la raison de cette différence apparente; car en réalité il n'y a un point dans la somme totale des puissances variables exercées pendant le coup entier, comme il sera facile de s'en convaincre aux personnes qui voudront prendre la peine de lire les recherches du professeur Robinson. Mais si nous considérons la différence de la manière dont la puissance entière est absorbée pendant le coup, nous y verrons un grand motif de préférer la méthode de M. Hornblower, à cause de l'uniformité beaucoup plus grande dans l'action; elle commence à 200 et finit à 150, tandis que celle de M. Watt commence à 200 et finit à 100; de là la nécessité de ces procédés ingénieux pour égaliser l'action pour lesquels M. Watt obtint un brevet en 1782. L'action de la machine de M. Hornblower manque d'uniformité, mais beaucoup moins que celle de M. Watt, de sorte qu'il aurait pu porter beaucoup plus loin l'effet du principe d'expansion, en employant une force de vapeur plus grande qu'il ne l'a fait jusqu'ici.

Nous ne nous sommes autant étendus sur ce sujet, que parce que quantité de personnes ont eu la même idée, celle de gagner plus de puissance par la dilatation de l'air ou de la vapeur agissant dans des cylindres doubles; on ne compte pas moins de cinq brevets différents pour des inventions qui s'y rapportent; mais quelques-uns des ingénieurs ont raisonné d'après des notions erronées. Ni l'invention de M. Watt, ni celle de M. Hornblower ne peuvent tirer aucun avantage de l'interception de l'air, ou d'un double cylindre, quand c'est l'air qui sert à presser le piston; ils ne pourraient non plus tirer aucun avantage de la dilatation de la vapeur dans leurs machines, si la pression était en raison inverse de l'espace qu'elle occupe.

On doit tout l'avantage du principe de dilatation à la propriété qu'a la vapeur, quand on la laisse se dilater pour remplir un plus grand espace, de diminuer en pression ou force élastique, suivant une certaine loi qui n'est pas encore bien établie; c'est-à-dire que le rapport qu'il y a entre sa force expansive et l'espace qu'elle occupe n'est pas encore bien connu; mais M. Woolf a



reconnu qu'en appliquant dans toute leur étendue ces propriétés et leurs conséquences à la machine à double cylindre, on pourrait améliorer considérablement les effets que peut produire une quantité quelconque de combustible. La vapeur est un fluide si différent de l'air, qu'elle n'a de propriété commune avec lui que l'élasticité. Cette élasticité provient toute de la quantité de chaleur qu'elle contient ; sa force augmente ou diminue avec la quantité de chaleur, mais nous ne savons pas d'après quelle loi, parce que nous n'avons pas la mesure de la quantité réelle de chaleur contenue dans la vapeur d'une force élastique donnée. Tout ce que nous savons avec certitude consiste en ce qui se trouve dans notre table de dilatation, savoir : que l'eau, convertie en vapeur et comprimée dans un vase fermé, étant chauffée jusqu'à un certain degré indiqué par le thermomètre, aura une certaine pression ou force élastique. Nous devons observer ici que le thermomètre n'indique que l'intensité de la chaleur, sans donner la mesure directe de sa quantité. Si on laisse la vapeur se dilater dans un espace quelconque donné, la quantité d'eau raréfiée qu'on trouvera contenue dans le volume de vapeur en état de dilatation, doit sans contredit être proportionnelle à la quantité d'eau contenue dans le même volume de vapeur, avant que la dilatation eût lieu, en raison inverse de l'espace qu'elle occupait d'abord, et de l'espace qu'elle occupe étant dilatée; nous ne pouvons pas dire qu'il en est de même de la chaleur, et c'est la quantité de chaleur qui seule détermine la force élastique.

Nous sommes portés à croire que dans la pratique, M. Hornblower n'a pu obtenir un plus grand effet de l'application de l'action expansive dans deux cylindres, que M. Watt dans un seul. En 1791, il construisit, dans le comté de Cornouailles, une machine dont le grand cylindre avait 69 centimètres de diamètre, et dont la course du piston avait 2<sup>m</sup>44 de long; le petit cylindre avait 53 centimètres de diamètre, et sa course était de 1<sup>m</sup>83. Les seuls détails que nous ayons pu obtenir sur le jeu de cette machine sont tirés d'une brochure de M. Thomas Wilson, agent de MM. Boulton et Watt, publiée dans le but évident d'empêcher l'introduction dans ce pays-là des machines de M. Hornblower; il fait voir dans cette brochure qu'elles n'élèvent que 704338,6 kilog. d'eau à un mètre de hauteur par hectolitre de charbon.

Dans le rapport fait par M. Hornblower de sa machine, consigné dans le Mécanicien de Grégory, il dit qu'il y a quelques années on construisit une machine sur ce principe dans le voisinage de Bath, et avec des circonstances fort désavantageuses. La machine avait ses cylindres de 48 et de 61 centimètres de diamètre, avec chacune des longueurs de coup convenables à la circonstance; savoir, 1<sup>m</sup>83 et 2<sup>m</sup>44 respectivement. L'appareil condensateur était très-mauvais, par crainte d'empiéter sur le brevet de M. Watt, et le plus haut degré de vide qu'on pût obtenir n'était pas de plus de 69 centimètres de mercure. La machine mettait en mouvement quatre tiges de pompes à la profondeur de 175<sup>m</sup>50, élevant un poids d'eau de 2038 kilog. et demi, à la hauteur de 1<sup>m</sup>83 par coup de piston; elle donnait 14 coups par minute; le grand cylindre avait 1<sup>m</sup>83 de longueur et 48 centimètres de diamètre. Les tiges et les seaux présentaient un grand frottement; quelques-uns de ces derniers n'avaient pas plus de 9 centimètres de diamètre. Malgré ces obstacles, la machine agissait avec toute sa puissance, en consommant 31,7 kilog. de charbon par heure.

Pour exprimer ce travail en poids élevé à un mètre de hauteur, il faut multiplier les 2038,50 kilog. que la machine élevait à chaque coup de piston, par la hauteur 1<sup>m</sup>83, ce qui donne un premier produit de 3730,45. Si l'on veut connaître la quantité de travail produite par hectolitre de charbon, il faut se rappeler que la machine donnait 14 coups de piston par minute, et comme il y a 60 minutes dans une heure, cela donne 840 coups : il y avait donc  $840 \times 3730,45 = 3133578$  kilog. d'eau élevés à 1<sup>m</sup> de hauteur par heure. La machine consommait, d'ailleurs, 31,7 kilog. de charbon par heure ; ce charbon étant léger, nous le supposons de 177,4 kilog. par hectolitre, et nous aurons la proportion  $31,7 : 3133478 :: 177,4 : 555896737,2$  kilog. d'eau élevés à un mètre de hauteur par hectolitre de charbon, ce qui est certainement une grande force, mais pas plus grande que celle de M. Watt.

M. Hornblower ajoute que deux circonstances remarquables dans le jeu de cette machine ont montré l'avantage de l'application de son principe : la première c'est que l'homme qui conduisait la machine détachait quelquefois le plus petit cylindre d'après le balancier, et que néanmoins la machine marchait avec le grand cylindre seulement : alors la chaudière donnait à peise assez de vapeur pour tenir la machine en mouvement ; mais dès que la tige du petit cylindre était accrochée au balancier, la machine reprenait son activité accoutumée, et la vapeur aurait pu soulever la soupape de sûreté.

La seconde circonstance est que, lorsque la *détente* qui tenait fermée la soupape de décharge venait à cesser ses fonctions, le piston était paralysé, ne pouvant plus monter pendant toute la durée de ce tour : il descendait toujours de plus en plus, jusqu'à ce que la détente reprit ses fonctions, ce qui est un argument pratique en faveur de la puissance de la machine à la fin de son coup.

On a construit plusieurs machines calculées pour obtenir une plus grande dilatation de la vapeur dans un second cylindre. Celle qui, d'après les essais comparatifs, a produit le plus d'effet, est celle connue sous le nom de machine de Woolf. Nous allons en donner une explication, et faire connaître en même temps quelques perfectionnements ingénieux faits dans les parties moins importantes, et qui méritent d'être connus.

En 1804, M. Woolf prit un brevet de perfectionnement pour les machines à vapeur. Dans l'exposé qu'il fit de son invention, il dit que l'expérience et une constante pratique l'ont assuré de la justesse des notions ci-après sur l'expansibilité de la vapeur. La pratique enseigne, dit-il, que la vapeur, agissant avec la force expansive de 0,28 kilog. de pression par centimètre carré contre une soupape de sûreté pressée par l'atmosphère, est susceptible de se dilater jusqu'à produire quatre fois le volume qu'elle occupe alors, sans cesser d'être égale à la pression de l'atmosphère : que la vapeur dont la pression est de 0,35 kilog. par centimètre carré, peut de la même manière se dilater jusqu'à 5 fois son volume ; et que des quantités de vapeur ayant la même force expansive de 6, 7, 8, 9 ou 10 fois sept centièmes de kilog. de pression par centimètre carré, peuvent se dilater jusqu'à 6, 7, 8, 9 ou 10 fois leur volume, sans cesser d'être encore respectivement égales à l'atmosphère, c'est-à-dire capables de produire, contre le piston d'une machine à vapeur, une action suffisante pour le faire monter dans la machine atmosphérique de Newcomen, avec un contrepoids, ou le faire transporter dans la partie vide du cy-

lindre de la machine perfectionnée mise en usage par M. Watt pour la première fois. Ce rapport est progressif, et presque uniforme, s'il ne l'est pas entièrement; de sorte que la vapeur pressant avec la force expansive de 20, 30, 40 ou 50 fois 7 centièmes de kilog. par centimètre carré, contre une soupape de sûreté commune, se dilatera jusqu'à 20, 30, 40 ou 50 fois son volume; et que généralement, comme à tous les degrés intermédiaires et plus élevés de force élastique, le nombre de fois que la vapeur d'une température ou d'une force quelconque peut se dilater, est à peu près le même que le nombre de fois 7 centièmes de kilog. qu'il peut soutenir sur un centimètre carré exposé à la contrepression atmosphérique ordinaire, pourvu toutefois que l'espace, le lieu ou le vase dans lequel on la fait dilater, soit à la même température que la vapeur, avant qu'on lui donne lieu de se dilater.

A l'égard des divers degrés de température nécessaires pour donner à la vapeur une certaine force expansive au-dessus du poids de l'atmosphère, M. Woolf annonce qu'il a découvert par l'expérience, en partant du point de l'eau bouillante, ou de 212° sur le thermomètre de Fahrenheit, point où la vapeur de l'eau égale seulement la pression de l'atmosphère, que pour donner une force élastique égale à 0,35 kilog. sur chaque centimètre carré, il faut élever la température jusqu'à 227°  $\frac{1}{2}$ : alors elle aura acquis la puissance de se dilater jusqu'à cinq fois son volume, et d'être encore égale à l'atmosphère, et capable d'être appliquée comme telle dans le jeu des machines à vapeur, suivant son invention. La table suivante indique plusieurs degrés de pressions, températures et forces expansives de la vapeur.

TABLE DE WOOLF

Indiquant 1° les pressions de la vapeur par centimètre carré; 2° la température et l'expansion de la vapeur pour différents degrés de chaleur au-dessus de l'ébullition de l'eau, depuis la température nécessaire pour que la vapeur obtienne une force élastique égale à 0,35 kilogr. par centimètre carré, jusqu'à celle nécessaire pour rendre la vapeur capable de supporter 2,80 kilogr. par centimètre carré.

	Kilogrammes par centimètre carré.	Degrés de chaleur de Fahrenheit.		
De la vapeur pressant sur une sou- pape de sûreté avec une force prédo- minante sur l'atmosphère de...	0,35	227 1/2		5
	0,42	250 1/4		6
	0,49	252 3/4		7
	0,56	255 1/4		8
	0,63	257 1/2	Et à ces degrés de chaleur respectifs la vapeur peut s'épan- cher d'environ	9
	0,70	259 1/2		10
	1,05	250 1/2		15
	1,40	259 1/2		20
	1,75	267		25
	2,10	273		30
	2,45	278		35
	2,80	282	40	

De cette manière, au moyen de légères élévations de température, on peut donner à la vapeur une puissance expansive de 50, 60, 70, 80, 90, 100, 200,

300 fois ou plus, son volume, sans autre limite que celle qui peut provenir de la fragilité de la matière avec laquelle les chaudières et les autres parties de la machine à vapeur peuvent être confectionnées. La prudence exige que la force expansive ne soit jamais portée au dernier degré que pourraient supporter ces matières, mais qu'elle soit au contraire restreinte à un degré bien inférieur.

Après avoir ainsi expliqué la nature de cette découverte, M. Woolf donne un détail des améliorations dont elle est susceptible.

Si la machine est construite, dans le principe, avec l'intention de faire usage de ces améliorations, il faut qu'elle ait deux cylindres à vapeur de diverses dimensions, et proportionnés l'un à l'autre, selon la température ou la force expansive qu'on a résolu de communiquer à la vapeur dont on fait usage pour le jeu de la machine; le cylindre à vapeur de moindre dimension doit servir de guide pour le plus grand. Par exemple, si l'on veut employer de la vapeur dont la force expansive correspond à 2,80 kilog. par centimètre carré, il faut que la capacité du petit cylindre soit au moins un quarantième du contenant du plus grand. Chaque cylindre doit être muni d'un piston, et le petit cylindre devra avoir une communication tant en haut qu'en bas (le haut et le bas ne sont pris ici que comme termes relatifs, attendu que les cylindres peuvent être placés horizontalement ou dans toute autre position, aussi bien que verticalement) avec la chaudière qui fournit la vapeur, et ces communications seront alternativement ouvertes et fermées au moyen de robinets ou de soupapes d'une construction quelconque, propre à cet usage. Le haut du petit cylindre aura une communication avec le bas du grand cylindre, et le bas du petit en aura une avec le haut du grand, lesquelles pourront s'ouvrir et se fermer alternativement au moyen de robinets, de soupapes, ou de tout autre procédé. Les parties supérieure et inférieure du grand cylindre communiqueront avec un réservoir dans lequel sera admis un jet d'eau, afin de hâter la condensation; ou enfin le condenseur pourra être rafraîchi par tous autres moyens propres à produire cet effet.

Pour faire connaître le jeu de la machine, supposons que la vapeur, ayant une haute température, se rende de la chaudière au-dessus du petit piston, où elle agit par sa force élastique; tandis que celle qui est au-dessous de ce petit piston se rendrait au-dessus du grand: en même temps la vapeur qui était au dessous du grand piston est mise en communication avec le condenseur. La partie supérieure des deux pistons, étant pressée par la vapeur, et la vapeur qui est au-dessous de ces pistons s'échappant, il s'ensuivra que les deux pistons descendront ensemble. Lorsqu'ils seront arrivés au bas de leurs cylindres respectifs, la communication de la chaudière avec le haut du petit cylindre sera fermée, et la vapeur viendra agir sur le dessous du piston. Alors la communication entre le fond du petit cylindre et le haut du grand sera aussi interceptée, tandis que celle entre le haut du petit et le fond du grand cylindre sera ouverte. La communication entre le fond du grand cylindre et le condenseur sera également interceptée, et la vapeur, qui, dans le mouvement de descente de la machine, aura rempli la partie supérieure du grand cylindre, sera condensée. Dans ce mouvement, la vapeur agissant sur la partie inférieure des pistons, ceux-ci remonteront, et ainsi alternativement, en faisant agir sur les divers côtés du petit piston la vapeur qui sort de la chaudière,

tandis que celle qui a agi dans le petit cylindre passera alternativement sur les côtés opposés du grand piston, dont le haut et le bas auront en même temps une communication alternative avec le condenseur.

Dans une machine qui opère de la manière que nous venons de décrire, tandis que la vapeur est admise d'un côté du piston dans le petit cylindre, la vapeur qui est de l'autre côté trouve une place pour son admission dans le grand cylindre, sur un côté de son piston, par la condensation qui a lieu de l'autre côté du grand piston, lequel est ouvert au condenseur. De cette manière, la vapeur agissant successivement dans les deux cylindres, on prévient la perte de vapeur qui a lieu dans une machine où la vapeur est condensée, après avoir exercé une pression sur l'une des faces seulement.

Dans une machine de ce genre, si cela devient plus convenable pour tout objet particulier, on peut changer la disposition, et on peut faire que le haut du petit cylindre communique avec le haut du grand; dans ce cas la seule différence sera que, lorsque le piston du petit cylindre descendra, celui du grand montera, et *vice versa*, ce qui dans quelques occasions peut être plus convenable que si les deux pistons exécutaient leur mouvement dans la même direction.

Cette machine est exactement la même dans son action que celle de M. Hornblower que nous venons de décrire. Le principe d'après lequel elle est construite consiste à employer la vapeur à une haute pression, et à se servir de deux cylindres dont les capacités sont proportionnelles à l'expansion de la vapeur, ainsi qu'elle est indiquée dans la table. Mais M. Woolf dit qu'il est nécessaire de faire usage de moyens propres à maintenir une température convenable dans toutes les parties de l'appareil où la vapeur doit être admise, et dans lesquelles on n'a point l'intention de la faire condenser; et ici il ne sera pas hors de propos de faire connaître qu'au lieu de se servir des moyens ordinaires de parvenir à ce but en les renfermant dans la chaudière même, ou dans une boîte à vapeur qui communique avec la chaudière, on peut avantageusement faire un feu séparé sous la boîte à vapeur qui contient les cylindres, qui de cette manière deviendra une seconde chaudière, et devra être pourvue d'une soupape de sûreté, afin de régler la température. Au moyen de cet arrangement, la vapeur pourra être admise du petit cylindre, ou mesureur de la vapeur, dans le grand, au moment où il aura atteint un degré plus élevé de chaleur que la vapeur du petit cylindre; par ce moyen sa puissance d'expansion pourra être augmentée; et, au contraire, en tenant le grand cylindre dans un degré de température moins élevé que celui du petit, son expansion se trouvera diminuée, ce qui pourrait convenir dans certaines occasions et pour certains objets. Dans tous les cas il faudra avoir soin que la chaudière ou la boîte dans laquelle le cylindre est renfermé, les tuyaux à vapeur, et généralement toutes les parties exposées à l'action de la force expansive de la chaleur, aient une force proportionnée à la force de pression à laquelle ils seront soumis.

Il n'est point prudent que la proportion de la capacité du petit cylindre ou mesureur de vapeur, à la capacité du grand cylindre ou du cylindre opérateur, soit en aucune manière moindre que la proportion de l'expansion de la vapeur dont on doit faire usage dans ce dernier, comme nous l'avons déjà dit; mais en la faisant plus grande, on peut se réserver une grande latitude. Par

exemple, avec une vapeur dont la force est équivalente à 2,80 kilog. par centimètre carré, on peut se servir d'un petit cylindre ou mesureur dont la capacité est d'un vingtième de celle du grand au lieu d'un quarantième, ainsi qu'il résulterait de la force expansive de la vapeur employée ; on fera de même avec de la vapeur quelle que soit sa température. Dans beaucoup de cas, il pourrait être convenable qu'on en agit ainsi, à cause de la difficulté d'empêcher quelque perte de la vapeur ou la condensation partielle, qui diminuait la force de l'opération, si l'on n'y avait pas pourvu par la dimension du petit cylindre ou du mesureur à vapeur.

Dans tous les cas, quand la machine est prête à opérer, quelle que soit la quantité de vapeur qu'on ait l'intention d'employer, il sera nécessaire d'essayer sa puissance en changeant le poids sur la soupape qui indique la force de la vapeur, afin de pouvoir trouver le degré de pression le plus propre à l'opération ; car il peut devenir avantageux de faire l'emploi de la vapeur dans quelques machines particulières un peu au-dessus ou au-dessous du degré qu'on avait d'abord fixé.

M. Woolf dit aussi que les machines de M. Watt peuvent être perfectionnées, en y faisant l'application de sa découverte dans la construction de la chaudière, et en la rendant, ainsi que la boîte dans laquelle le cylindre opérateur est enfermé, plus forte que d'ordinaire ; comme aussi en modifiant la structure et les dimensions des soupapes destinées à admettre la vapeur de la chaudière dans le cylindre, afin que la vapeur puisse être admise graduellement en élargissant progressivement l'ouverture, de manière à attirer d'abord la vapeur, et à l'admettre ensuite plus librement. La raison de cette précaution c'est qu'une vapeur d'une force élastique aussi grande que celle dont M. Woolf propose de se servir, si elle était admise tout à coup dans le cylindre, frapperait le piston avec une force qui mettrait en danger la consistance et la durée de la machine. L'ouverture employée à admettre la vapeur dans le cylindre ou les cylindres devra être réglée par les considérations suivantes : si on avait l'intention que la machine opérât entièrement ou presque entièrement par la condensation, la vapeur, en passant dans le cylindre, serait forcée de s'arrêter seulement assez pour que le piston pût faire la totalité ou une grande partie de son mouvement, dans le même temps que ladite quantité de vapeur serait admise dans le cylindre ; par exemple, lorsque l'on fait usage d'une vapeur à la pression de 2,80 kilog par centimètre carré, on pourra en laisser entrer une quantité égale au quarantième de la capacité du cylindre, et ainsi à proportion du degré de force de la vapeur dont on fera usage ; quand la quantité suffisante aura été admise, la vapeur sera interceptée jusqu'au moment convenable, pour en recevoir de nouvelle dans le cylindre. Mais si l'on a l'intention de tirer avantage de la force élastique de la vapeur par son action d'un côté du piston, tandis que la condensation s'opère de l'autre côté, la vapeur devra être admise plus librement, mais d'abord pourtant avec précaution, par la raison déjà mentionnée.

Ce dernier procédé répond entièrement à celui de la machine d'expansion de M. Watt ; on y voit de plus une diminution graduelle de l'ouverture de la soupape à vapeur, à mesure que le piston descend, au lieu d'une fermeture subite à une certaine portion de la descente, ce qui rend l'action de la machine plus uniforme. Nous pensons qu'en régularisant la descente de la sou-

pape par un mouvement exact, on peut en tirer de grands avantages, sans avoir recours à la complication de deux cylindres ou d'autres compartiments ; la seule objection qu'on puisse faire, c'est que si la soupape s'ouvrait tout d'un coup par accident, la pression pourrait devenir si grande en raison de la forte action de la vapeur sur toute la surface du piston, qu'elle serait capable de briser la machine et de la faire éclater en morceaux.

En 1805, M. Woolf prit un second brevet pour d'autres perfectionnements, et il proposa entre autres d'appliquer le feu au cylindre même, pour chauffer la vapeur après qu'elle serait parvenue dans le cylindre opérateur; ce qui devait avoir lieu en plaçant du feu sous l'enveloppe contenant le cylindre ; l'espace compris entre l'enveloppe et le cylindre devait être rempli par de l'huile, de la cire, du métal fusible ou du mercure.

Il propose enfin une manière d'empêcher le passage d'une petite quantité de vapeur, du côté du piston sur lequel opère la vapeur, à l'autre côté qui est ouvert au *condenseur*. Dans les machines à vapeur à double effet, il parvient à ce but en plaçant, au-dessus ou autour du piston, une colonne de mercure ou de métal fluide d'une hauteur telle qu'elle fasse équilibre à la pression de la vapeur. L'efficacité de cette disposition paraîtra évidente, dit-il, si l'on fait attention à ce qui a lieu dans le mouvement du piston.

Lorsqu'il monte, c'est-à-dire quand la vapeur est admise en dessous et que la partie supérieure communique avec le condenseur, la vapeur qui s'efforcera de passer du côté du piston sera arrêtée par la colonne de métal, qui lui sera égale ou supérieure en pression. Tandis que pendant la descente du piston aucune quantité de vapeur ne pourra passer sans pénétrer au travers de tout le métal.

Dans les machines à simple effet, il n'est pas nécessaire de faire usage d'une pression si considérable, parce que la vapeur agit toujours sur la partie supérieure du piston ; et, dans ce cas, l'huile, la cire, ou la graisse d'animaux, ou enfin des substances du même genre en quantités suffisantes rempliront le but qu'on veut atteindre. Mais il faut prendre garde, dans la machine à double ou à simple effet, quand on opère avec ce piston, que l'issue qui conduit la vapeur au condenseur soit située de telle façon et soit d'une dimension telle que la vapeur puisse passer librement, sans pousser devant elle, ou entraîner avec elle aucune des parties de métal ou d'autre substance dont on aura fait usage, et qui pourraient avoir passé à travers le piston ; il faudra en même temps pratiquer une autre issue pour que le métal, ou toute autre substance qui sera rassemblée au fond du cylindre, soient conduits dans un réservoir maintenu à un degré de chaleur convenable, d'où ils seront renvoyés à la partie supérieure du piston, au moyen d'une petite pompe mue par la machine ou de toute autre manière. Pour que le métal fluide dont on se servira avec le piston ne soit pas oxidé, il faudra toujours conserver de l'huile ou quelque substance fluide à sa surface, afin de l'empêcher d'être en contact avec la vapeur, et de ne pas être obligé de faire usage d'une grande quantité de métal fluide. Le piston doit être aussi épais que la profondeur de la colonne nécessaire, et son diamètre doit être seulement un peu moindre que le vaisseau à vapeur ou le cylindre opérateur, excepté dans le cas où il est nécessaire de mettre de l'étope ou de faire d'autres dispositions ; en sorte que dans le fait la colonne de métal fluide ne forme qu'un anneau fort mince autour du piston.

Nous avons vu opérer une machine de ce genre dont la puissance était de huit chevaux, et dans laquelle les pistons étaient recouverts d'un métal fluide; cette disposition empêchait l'épanchement avec efficacité; mais comme il fallait un cylindre deux fois aussi long qu'à l'ordinaire, afin de donner assez de jeu pour les pistons longs et épais nécessaires en pareil cas, et comme ces pistons pesaient considérablement, cette méthode n'est point du tout applicable en pratique. L'augmentation de volume des parties mouvantes contrebalançait l'avantage qui peut résulter de la conservation de la vapeur, en empêchant l'épanchement; car, dans ce cas, le frottement est plus considérable que dans une autre machine, puisque le piston est plus épais qu'à l'ordinaire et qu'il est également couvert d'étoupes, afin de pouvoir soutenir une colonne de métal qui doit être plus qu'égale en pression à celle de la vapeur. Quand la vapeur presse sur le piston, la pression du métal fluide, pour empêcher l'épanchement par le piston, doit être double de celle de la vapeur; ainsi, le frottement d'une si grande surface de métal fluide qui presse contre l'intérieur du cylindre, doit être très grand.

En 1810, M. Woolf obtint une troisième patente, dont l'objet était de prévenir la perte de la vapeur, par suite de l'épanchement à travers le piston. Afin de parvenir à ce but, il ne permet pas à la vapeur d'arriver jusqu'au piston, mais il la fait agir dans un autre cylindre, et en transmet l'action au moyen de l'huile ou d'un métal fluide. Il place à cet effet, à côté du cylindre où est le piston, un second cylindre séparé, qui communique avec la partie inférieure du premier par un large tuyau ou par un conduit; dans ce cas, la vapeur étant admise dans ce vaisseau, elle pressera sur la surface de l'huile ou du métal fluide qu'il contient, et les forcera de passer dans le cylindre opérateur, où ils agiront sur le piston pour le faire monter. Il aura été pratiqué en même temps un vide dans la partie supérieure du cylindre, pour faciliter l'effet de la pression.

La vapeur exerce ensuite sa pression sur la surface supérieure du piston, qui est toujours couverte d'une quantité de fluide, et en même temps il se forme un vide dans le cylindre adjacent, de manière que le piston, n'éprouvant pas de résistance, cède à la pression qui agit sur sa partie supérieure, et descend. Il est évident que le piston doit être entouré d'étoupes, pour empêcher tout fluide de passer au travers; mais cela est facile en comparaison de la difficulté de le garnir assez fortement pour résister au passage de la vapeur, surtout quand elle est aussi raréfiée que celle dont fait usage M. Woolf dans sa machine construite d'après son système d'expansion. Le cylindre séparé dont nous avons parlé est, dans quelques cas, l'enveloppe ou l'espace qui entoure le cylindre, qui dans ce cas doit être ouvert par le bas.

Cette invention est ingénieuse, mais nous pensons que la nécessité d'un nouveau cylindre est une objection qui empêchera qu'elle ne soit adoptée pour de grandes machines, et d'ailleurs les avantages pour de petites machines n'en sont pas très grands.

Depuis sa première patente, M. Woolf a construit plusieurs petites machines qui ont bien opéré, et qui ont produit une économie évidente de chauffage; mais ces machines étant employées à faire tourner des meules, opérations dans lesquelles il n'est pas possible d'apprécier la puissance des machi-



nes aussi exactement que lorsqu'elles sont appliquées à l'épuisement de l'eau, les machines de M. Woolf n'ont donc pas obtenu une supériorité évidente sur celles construites d'après le principe de M. Watt, jusqu'en 1815. où deux grandes machines de cette espèce ont été établies dans le comté de Cornwall, aux mines de *Wheal-Vor* et de *Wheal-Abraham*, à l'effet d'élever l'eau; et il en a été fait une description régulière par MM. T. J. Lean, dans le but particulier d'exposer le mérite comparatif des machines à double et à simple cylindre.

Le rapport fait en 1815 porte l'action moyenne de ces deux machines à 19,014,317 kilogrammes élevés à 1 mètre de hauteur par hectolitre de charbon consommé: et depuis ce temps elle a été encore plus considérable.

Le cylindre de la machine de *Wheal-Vor* a 1<sup>m</sup>35 de diamètre, et la capacité du petit cylindre est environ d'un cinquième de celle du grand. La levée du piston est de 2<sup>m</sup>74.

Cette machine fait mouvoir six pompes qui, à chaque mouvement, élèvent une masse d'eau d'un poids de 17221 kilogrammes à 2<sup>m</sup>28 de hauteur, ce qui forme la longueur de la course des pistons des pompes, et donne une pression de 2 kilogrammes par centimètre carré sur la surface du grand piston. Cette machine donne six à sept coups par minute. Quant à sa consommation de charbon, dans le mois de mars 1816, elle était de 1 hectolitre pour élever 18,427,077 kilogrammes à 1 mètre de hauteur. Dans le mois d'avril 1816, la même quantité de charbon élevait 16,746,080 kilogrammes; en mai 1816, 18,833,150 kilogrammes; et en juin 1816, 16,618,139 kilogrammes.

Les mêmes rapports nous apprennent que le cylindre de la machine de *Wheal-Abraham* a 1<sup>m</sup>14 de diamètre; la levée du piston est de 2<sup>m</sup>44, et le nombre de coups est de quatre à huit par minute. A chaque coup, la machine élève un poids de 10,904 kilogrammes à la hauteur de 2<sup>m</sup>44. Son produit, pendant les quatre mois susdits, a été de 19,023,384 kilogrammes; en mai de 21,655,197 kilogrammes, ce qui nous paraît être l'effet le plus considérable qu'ait opéré jusqu'à présent aucune machine à vapeur. En juin son produit s'est élevé jusqu'à 19,594,085 kilogrammes.

Nous ferons observer que la différence entre le produit des diverses machines construites sur le même principe, et qui sont employées aux mêmes usages, est la même que l'on trouverait dans le produit du travail de plusieurs chevaux ou autres animaux, comparativement avec la nourriture qu'ils consomment; car les effets de plusieurs machines varient d'après les petites différences qui se trouvent dans la proportion de leurs parties, comme la force des animaux dépend de la vigueur de leur constitution; en outre, il peut y avoir dans les produits d'une même machine une grande différence dépendant du bon ou mauvais état dans lequel elle se trouve, si toutes ses parties sont ou non bien liées et bien huilées de manière à agir et à marcher sans frottement, ou avec peu de frottement, comme il y en a dans le travail d'un animal s'il est en bonne ou mauvaise santé, ou s'il est accablé de fatigue; mais dans tous les cas, il y a un *maximum* qu'on ne peut dépasser, et un produit que l'on doit toujours espérer d'obtenir.

La fig. 198 est un plan destiné à faire voir l'arrangement des soupapes et des cylindres de ces deux machines. A est le grand et B le petit cylindre, renfermés chacun dans son enveloppe à vapeur. La vapeur est a l'aise de la chau-

dière dans l'enveloppe du grand cylindre A, par un point de communication en C. Il y a aussi une communication entre cette enveloppe et celle du petit cylindre, en sorte que toute la vapeur qui sert à la machine passe au travers des deux enveloppes, qui par cette raison deviennent des points de communication entre la chaudière et le petit cylindre dans lequel la vapeur est premièrement admise. D fournit une communication pour alimenter la chaudière avec l'eau qui peut provenir de la condensation dans l'enveloppe, avant que la machine ait acquis le degré de chaleur nécessaire. E est le tuyau de l'enveloppe; pour fournir à la machine, il y a une soupape régulatrice. F est la boîte à soupape du petit cylindre, la tige qui soulève une soupape glissante dans celle qui fait mouvoir l'autre. Le passage de la vapeur de la boîte dans le petit cylindre est placé entre les deux soupapes. G est la soupape qui ouvre la communication entre le dessous du petit cylindre B et le dessus du grand cylindre A, quand son piston doit descendre par suite de la pression. H est la soupape qui conduit la vapeur dans le condenseur.

Quand les pistons descendent, la soupape F est ouverte, et permet à la vapeur de la boîte d'exercer sa pression sur le petit piston; la soupape G étant ouverte en même temps, la vapeur qui est au-dessous du petit piston peut passer au-dessus du grand; et la soupape I s'ouvre pour donner passage à la vapeur qui est au-dessous du grand piston, afin de se rendre dans le condenseur. Ces trois soupapes supérieures, E, G, I, s'ouvrent toutes les trois à la fois.

Quand les deux pistons arrivent au bas de leurs cylindres respectifs, ces trois soupapes sont fermées toutes ensemble, et la soupape à vapeur inférieure F est ouverte pour renvoyer la vapeur du haut en bas du petit piston; la soupape H en fait de même à l'égard du grand cylindre, et les deux pistons reviennent en équilibre au moyen du contrepoids; mais la soupape supérieure F peut être fermée dans toute la partie du mouvement, selon le poids de la machine.

Ceux qui sont versés dans la connaissance des machines à vapeur s'apercevront par le passage de la vapeur de chacun des pistons du dessus au dessous, tel que nous venons de le décrire, que les machines de *Wheal-Vor* et *Wheal-Abraham* sont à simple effet. Si ces machines étaient à double effet, la vapeur dans le mouvement vers le bas passerait, comme on vient de le dire plus haut, du dessous du petit piston au dessus du grand. La vapeur de la chaudière s'introduirait en même temps sur le petit piston, et celle qui est au-dessous du grand piston sortirait par le condenseur. Dans le mouvement ascensionnel, l'action serait différente de celle que nous venons de décrire; car la vapeur passerait du dessus du petit piston au-dessous du grand piston; et tandis que la vapeur de la chaudière passerait à la partie inférieure du petit piston, celle qui était au-dessous du grand piston serait condensée.

Les chaudières qu'emploie *M. Woolf* dans ses machines sont différentes de celles qui sont généralement adoptées pour les machines qui marchent avec une vapeur à faible pression. L'eau est contenue dans de petits tubes cylindriques de fonte qui sont placés dans une position horizontale, et entourés de tout côté par le feu.

*M. Woolf* a une patente pour ce genre de chaudière, qui, d'après la description qu'il en a faite, consiste en deux ou plusieurs cylindres ajustés de ma-

nière à opposer une très grande résistance à la pression de l'eau que l'on veut convertir en vapeur à une température élevée, et dont la pression équivaut par conséquent à celle de plusieurs atmosphères. Ces cylindres sont aussi disposés pour présenter une surface convexe au courant de flamme et d'air chauffé par le feu. Ils communiquent avec d'autres grands cylindres semblables aux premiers, et placés au-dessus d'eux pour contenir la vapeur et le peu d'eau qu'elle entraîne. On met ces cylindres dans un fourneau construit de manière à faire recevoir à la plus grande partie de la surface de chacun d'eux, ou à autant de surface qu'il peut être convenable, l'action directe du feu, de l'air échauffé ou de la flamme.

Les figures 199 et 200 représentent une de ces chaudières dans sa forme la plus simple : elle consiste en huit tubes marqués *a*, faits en fonte ou en toute autre matière; ils sont tous en communication avec le grand cylindre *A*, qui est placé au-dessous d'eux, comme nous l'avons montré en profil (fig. 200, dans laquelle les mêmes lettres se rapportent aux mêmes parties que dans la figure 199). La figure 200 montre la manière de placer le feu. Le charbon repose sur les barres de la grille de fer au point *B*, et la flamme, ainsi que l'air échauffé, sont réverbérés de la partie supérieure des deux premiers petits cylindres; ils vont sous le troisième, sur le quatrième, sous le cinquième, sur le sixième, sous le septième et en partie au-dessus et au-dessous du huitième petit tube cylindrique; ces tubes sont tous pleins d'eau. La direction de la flamme, jusqu'à ce qu'elle atteigne le dernier tube dont nous venons de parler, est indiquée par des lignes courbes et par des flèches ponctuées. Quand elle a atteint cette extrémité du fourneau, elle est dirigée, au moyen du conduit *O*, vers l'autre côté d'un mur construit sous le grand cylindre *A*, dans la direction de sa longueur; elle retourne alors sous l'extrémité opposée du septième petit cylindre, sur le sixième, sous le cinquième, sur le quatrième, sous le troisième, sur le second, et en partie au-dessus et au-dessous du premier; de là, elle se rend dans la cheminée. Le mur ci-dessus mentionné, qui divise le fourneau suivant sa longueur, répond au double but de prolonger le cours que la flamme et l'air chauffés ont à parcourir, en échauffant la chaudière dans son passage; comme aussi d'empêcher les matériaux employés à unir les petits tubes au grand cylindre d'être endommagés par le feu. Les bouts des petits tubes cylindriques reposent sur la maçonnerie en briques qui forme le côté du fourneau, et l'extrémité de chacun de ces tubes est munie d'un couvercle, qui est assuré à sa place par des vis et des écrous. On peut l'ôter à volonté afin de donner la facilité de pouvoir de temps à autre nettoyer ces tuyaux, et enlever le sédiment qui s'y dépose.

On fixe un tuyau au principal cylindre *A*, afin de conduire la vapeur dans le corps de pompe. Dans ces chaudières, on parvient à remplacer l'eau qui se perd pour l'évaporation, au moyen de celle qui y est refoulée par les moyens usités pour les chaudières à haute pression, c'est-à-dire par une pompe foulante; la vapeur produite est conduite au lieu de sa destination au moyen de tuyaux qui sont en communication avec la partie supérieure du cylindre *A*. Dans la spécification du brevet, l'inventeur a indiqué des moyens pour adapter cette forme de chaudière aux machines à vapeur déjà en usage, en plaçant une rangée de cylindres sous la chaudière actuelle et établissant une communication entre chacun d'eux et la chaudière. Il a aussi donné des instruc-

tions pour construire des chaudières composées de cylindres placés verticalement. Dans tous les cas, les tubes composant la chaudière devront être combinés de manière, et le fourneau construit de telle sorte, que le feu et la flamme agissent autour et sur les tubes, et qu'ils embrassent la plus grande étendue possible de leur surface. Il est clair que les tubes ou tuyaux pourront être confectionnés de tout genre de métal, mais la fonte est le plus convenable. Les dimensions des tubes peuvent varier ; dans tous les cas, il faut éviter d'en faire d'un diamètre trop grand ; car on doit remarquer que plus le diamètre sera grand dans chacun des tuyaux, plus sa force et son épaisseur devront augmenter, afin de le rendre capable de supporter la même force expansive de la vapeur que les petits cylindres. Il n'est cependant pas essentiel, dans la construction de cette chaudière, que les tubes soient de différentes dimensions ; mais les cylindres supérieurs, surtout le premier qu'on appelle cylindre à vapeur, doivent être plus grands que les inférieurs, attendu que c'est, pour ainsi dire, le réservoir dans lequel les inférieurs envoient la vapeur, pour être de là conduite dans le tuyau à vapeur. Quant à la quantité d'eau que l'on doit garder dans une chaudière de cette construction, voici ce qui est dit : il faut qu'elle remplisse toujours non seulement la totalité des tubes inférieurs, mais encore le grand cylindre à vapeur A, jusqu'à environ la moitié de sa hauteur, c'est-à-dire qu'elle soit assez élevée pour que le feu ne puisse la dépasser. Dans aucun cas on ne doit permettre que l'eau soit assez basse pour ne pas remplir entièrement les branches verticales qui joignent les petits cylindres aux grands. En effet, le feu n'est employé efficacement que lorsque, au moyen du métal interposé entre lui et l'eau, il convertit cette dernière en vapeur ; c'est-à-dire que le but de la chaudière serait manqué en partie, si une ou plusieurs portions des tuyaux qui sont exposés à l'action directe du feu présentait une surface de vapeur au lieu d'eau. Cela aurait lieu si les tuyaux inférieurs, ou même une partie des supérieurs, n'étaient pas maintenus pleins d'eau.

Quant aux fourneaux propres à ce genre de chaudière, il faut qu'ils soient toujours construits de manière à donner une flamme allongée et à forcer ainsi l'air chaud à passer successivement sur toutes les surfaces des tuyaux qui composent la chaudière, afin que la plus grande quantité de chaleur produite soit consommée avant que la fumée atteigne la cheminée ; sans cette précaution on consommerait une grande quantité de combustible en pure perte ; et la quantité de chaleur absorbée par la chaudière ne serait pas en raison de la quantité du chauffage.

Quand on n'emploie pas des températures trop élevées, cette espèce de chaudière répond très bien au but qu'on se propose. Mais lorsqu'on veut chauffer très fortement, afin d'obtenir une vapeur de la plus grande élasticité, on combine les parties qui composent la machine d'une manière différente, tout en suivant le même principe. Le Magasin Philosophique, vol. XVII, pag. 40, contient une description et un dessin d'une chaudière de ce genre, dont deux furent construites en 1803, à la brasserie de MM. Meux.

Quelle que soit la chaudière qu'il emploie, M. Woolf y a adapté deux soupapes de sûreté, pour prévenir les accidents ; précaution qui ne peut être trop recommandée : quand on n'en emploie qu'une, il se peut qu'elle se trouve

bouchée par accident, et que la machine et les personnes qui sont employées à la mettre en mouvement soient par là exposées au danger d'une explosion.

Dans les machines de M. Woolf que nous avons vues, les chaudières sont telles que nous venons de les décrire, c'est-à-dire composées de deux petits tubes remplis d'eau, exposés à l'action immédiate de la flamme et communiquant, par des branches ou conduits verticaux, avec le grand cylindre placé au-dessus, et dans lequel il y a de l'eau dans la partie inférieure et de la vapeur dans la partie supérieure. La seule différence qu'ils présentaient avec ceux que nous venons de décrire, c'est que les tubes inférieurs et les tubes supérieurs sont placés dans la même direction, au lieu d'être à angles droits l'un avec l'autre, et que la flamme suit leur longueur au lieu de parcourir leur largeur; les tubes à eau ou tubes inférieurs sont un peu inclinés vers le haut. On donne au métal dont sont composés ces tubes une grande épaisseur, pour qu'ils soient plus forts et plus durables.

M. Woolf n'est pas le premier qui ait eu l'idée de faire des chaudières composées d'un certain nombre de petits cylindres qu'on peut rendre plus forts qu'un grand, et dans lesquels par conséquent on pouvait obtenir une vapeur d'une très forte pression. M. Blakey, dont nous avons parlé plus haut, l'avait proposé dans un petit traité qu'il publia en français à La Haye, en 1776; mais il voulait que les tubes fussent placés l'un au-dessus de l'autre dans une direction inclinée, que l'eau entrât par l'extrémité supérieure, qu'elle descendît le long des tubes inclinés, et fût ainsi convertie en vapeur.

#### *Soupape à vapeur régulatrice de M. Woolf.*

Outre les soupapes de sûreté ordinaires, M. Woolf a aussi introduit l'usage d'une soupape de nouvelle construction dans le conduit à vapeur même, afin de déterminer la quantité de vapeur qui doit sortir de la chaudière.

A (fig. 201) est une partie du grand cylindre ou d'un des cylindres à vapeur de la chaudière de M. Woolf. BB est le tuyau qui conduit la vapeur dans la boîte à vapeur C. Elle se joint à l'embranchement BB par les oreilles *aa*. Le dessus ou couvercle de la boîte à vapeur C, portant pour marque la lettre D, a une ouverture en travers pour laisser passer la tige de la soupape. L'intérieur du trou forme une boîte garnie d'étoupes, de manière que la tige puisse monter et descendre sans que la vapeur s'échappe. La garniture est assurée au moyen d'un collet vissé de la manière ordinaire, comme on le voit dans la planche. Au moyen du boulon *b* et des deux pièces verticales *ee*, la tige de la soupape fait corps avec le couvercle *m*, qui ferme hermétiquement le cylindre creux *nn*. Le couvercle *m* ferme l'issue à la vapeur à l'extrémité supérieure d'un tube *oo* qui est uni à la paroi *aa*, et descend dans l'ouverture de la chaudière, formant une espèce de boîte dans laquelle est renfermé le cylindre *nn*. Celui-ci est ouvert par le bas et a une communication libre avec la vapeur du bouilloir A; il a en outre trois rainures verticales pratiquées sur les côtés; l'une est indiquée dans la planche par la lettre S. La somme des surfaces de toutes ces rainures ou ouvertures est égale à la surface de l'ouverture du tube *oo*, dans laquelle le cylindre *nn* travaille.

Lorsque la vapeur a acquis un degré de force élastique capable de faire lever la soupape (c'est-à-dire le cylindre  $nn$  avec son couvercle  $m$  et la tige  $R$ , avec tout le poids dont elle peut être chargée), les rainures  $S$  s'élèvent au-dessus du tube impénétrable à la vapeur  $oo$ , et permettent à celle-ci de s'introduire dans la boîte à vapeur  $C$ , et de se rendre par le conduit  $N$  dans la machine. La quantité de vapeur qui s'échappe est proportionnelle à sa force élastique et au poids dont la soupape est chargée ; car elle résulte de l'élévation des rainures  $S$  au-dessus du tube  $oo$ , qui a lieu dans la même proportion.

Cette soupape peut être chargée au moyen de poids par les méthodes ordinaires. *M. Woolf* préfère celle qu'indique la planche, dans laquelle la partie supérieure de la verge  $R$  est jointe, au moyen d'une chaîne, au quart du cercle  $Q$ , à l'effet de porter un poids pendule  $Z$ , qui est susceptible de s'écarter plus ou moins de la verticale, selon que la pression de la soupape doit être augmentée ou diminuée.

A mesure que la soupape s'élève, le poids s'élève également en suivant l'arc  $nn$ , et oppose à l'élévation de la soupape une résistance qui augmente progressivement, résistance proportionnée à la distance horizontale du poids à partir du centre  $Q$ .

Ainsi, si dans la position actuelle, le poids presse la soupape  $m$  avec une force égale à 2 kilog. par centimètre carré de l'ouverture au point  $oo$ , quand il s'élèvera à la position  $i$ , il pressera, avec une force égale à 3 kilog., et avec une force égale à 4 kilog. lorsqu'il sera en  $p$  ; de sorte que la verge  $Z$  pourra servir en même temps d'indicateur à la personne chargée du feu ; elle n'a besoin, à cet effet, que de mesurer l'arc que décrit l'extrémité de la verge  $QZ$ . On a pratiqué une ouverture  $N$  sur le côté de la boîte à vapeur  $C$ , afin que la vapeur puisse se rendre, par un conduit adapté à cette ouverture, dans le corps de pompe.

Il est clair que l'action de la pression sur cette soupape peut être déterminée par l'éloignement du poids pendule  $Z$  à une distance plus ou moins grande du centre du mouvement. Afin de régler la pression croissante du poids  $Z$ , de manière qu'elle corresponde avec la force croissante de la vapeur, le quart du cercle  $Q$  doit être divisé, proportionnellement au diamètre de la soupape et aux surfaces des rainures  $S$ , de sorte que l'ascension du poids  $Z$ , dans son quart de cercle, corresponde à la variation de la pression. Cette évaluation doit être faite le plus approximativement possible, avant que la soupape soit fixée ; et afin de parvenir ensuite à une évaluation exacte, on attache la chaîne à la verge  $R$  par une vis et un écrou ; de cette manière, on peut faire usage de la partie de l'arc que l'on trouve plus correspondante à la variation de la pression, attendu que la proportion selon laquelle la résistance du levier augmente, est plus rapide quand le pendule se rapproche de la verticale, que quand il se rapproche de la position horizontale.

On peut parvenir au même but en faisant les rainures placées sur le côté du cylindre plus étroites dans la partie basse du cylindre, au lieu de les faire de manière que leurs côtés soient parallèles.

#### MACHINE A MANIVELLE COUDÉE.

MM. Boulton et Watt, bientôt après l'expiration de leur patente pour ef-

fectuer la condensation dans un réservoir séparé, inventèrent une certaine machine appelée *la machine à manivelle coudée*, dont nous allons donner la description, autant qu'il est nécessaire pour faire voir le changement dans le mode de sa construction.

La fig. 202 représente le profil de la machine. A B C est la manivelle coudée ; il y a une autre figure parfaitement semblable de l'autre côté, laquelle se meut sur le centre fixe C. L'extrémité A D est jointe à une pièce transversale qui fait mouvoir la tige du piston dans le cylindre. E est la tige de la pompe à air, et G celle de la pompe à eau froide. La pompe à eau chaude peut être adaptée à la même barre ; la verge B est supposée être attachée à la manivelle du volant au point H. Les machines de ce genre sont principalement construites avec des soupapes D, qui sont mises en mouvement par la bielle A C. Cette forme de machine ne possède pas d'autres avantages particuliers que ceux qui naissent de la densité ; ils ne sont pas suffisants pour contrebalancer le désavantage d'une augmentation de frottement. On s'en est servi, quoique rarement, au commencement de l'application des machines à vapeur à la navigation ; mais on a trouvé qu'elle n'avait pas les mêmes avantages que la machine à double bielle.

#### MACHINE A VAPEUR A CYLINDRES OSCILLANTS.

Dans la vue de supprimer la bielle de la machine, et de communiquer d'une manière directe le mouvement de la tige du piston au volant, on a construit une machine qui atteint assez bien le but qu'on s'est proposé, lorsque les machines sont de petites dimensions, et qu'on peut faire la tige du piston d'une force suffisante, comparativement au poids du cylindre que l'on veut faire osciller.

Nous en avons vu une de la puissance d'un cheval environ, qui a travaillé pendant quatre ans.

La fig. 203 la représente. A est le cylindre, B la tige du piston, C la manivelle, D le volant ; E est un point fixe sur lequel le cylindre F tourne. Il y en a un semblable du côté opposé. Un de ces tourillons a la forme d'un robinet à quatre branches. Il a une communication avec le haut et le bas du cylindre. Le mouvement du piston fait osciller le cylindre, tourner la manivelle et le volant. Par ce mouvement le robinet s'ouvre et se ferme, et la vapeur passe successivement au-dessous et au-dessus du piston, ou est en communication avec le condenseur.

Quand des machines de cette forme sont d'une force un peu considérable, elles sont exposées à l'inconvénient que la tige du piston ne fléchisse et que dans l'oscillation le poids du cylindre ne la fasse jouer dans le couvercle.

#### MACHINE A ROTATION.

Dans toutes les machines à vapeur dont nous avons fait mention jusqu'ici, l'action est produite par le mouvement d'un piston dans un cylindre et donne

toujours un mouvement de *va et vient*. Dans les machines de ce genre, une partie très considérable de puissance est employée à arrêter le mouvement des différentes parties agissantes, et à les mettre en action dans un sens directement contraire. Cette perte de force a beaucoup fixé l'attention des mécaniciens, et ils ont fait plusieurs essais pour construire une machine dans laquelle l'action de la vapeur opérât d'une manière continue, sans que les parties fussent obligées à un état de repos.

La méthode la plus sûre d'atteindre ce but est d'employer à cet effet un mouvement de rotation. Une des machines les plus simples de ce genre se trouve représentée dans la fig. 204. On a dessiné, fig. 204, deux sections, l'une perpendiculaire à l'axe de rotation, l'autre qui lui est parallèle. Les mêmes lettres indiquent les parties semblables de la machine; UUUU est une boîte à vapeur de forme circulaire, dont les deux extrémités sont fermées par les plaques circulaires VVVV, à travers lesquelles passe l'axe R; à R est attaché par quatre bras SSSS, l'anneau PP dans lequel les pièces mobiles A et B sont fixées sur des charnières qui ne laissent pas échapper la vapeur, mais qui peuvent s'adapter et se fermer sur l'anneau comme on le voit en A, ou s'ouvrir et arrêter le cours de la vapeur OOOO comme B le représente; à chacune de ces quatre pièces est attachée une queue ou pièce mouvante C et D, qui pendant leur révolution touchent au cran F, et élèvent les pièces mobiles respectives dans le conduit à vapeur, comme il est indiqué par les lignes pointées A' justement après qu'il a passé l'ouverture à vapeur I. Le passage de la vapeur au condenseur est représenté en N; G est une pièce attachée à la boîte extérieure et servant à fermer les pièces mobiles à mesure qu'elles font leur révolution. La vapeur venant à entrer au point I presse sur G et A' que l'on suppose avoir été élevés à cette position dans le moment, et la force à tourner conjointement avec l'anneau PPPP et autour du centre R, jusqu'à ce que cette partie de la machine arrive à l'ouverture au travers de laquelle la vapeur se rend dans le condenseur. Avant que A arrive à cette position, B passe le conduit à vapeur, reçoit l'action de la vapeur, et continue le mouvement.

On peut considérer le conduit à vapeur OOOO comme un cylindre arrondi, et les pièces mobiles, contre lesquelles la vapeur presse, remplissent le rôle du piston, et reçoivent toujours l'impulsion de la vapeur d'un côté, tandis qu'elles effectuent la condensation de l'autre. Comme il est nécessaire que le conduit à vapeur ait une longueur déterminée, l'obstacle G est indispensable, et le mouvement des pièces sur des charnières ou de toute autre manière est inévitable. Ainsi, attendu qu'on est forcé de mettre en mouvement et de déplacer sans cesse la pièce qui fait l'office de piston, il est difficile de rendre ces parties impénétrables à la vapeur. Cet inconvénient, joint à ce que le conduit à vapeur ne peut recevoir la forme cylindrique, empêche qu'on ait employé cette machine dans la pratique. En conséquence nous nous abstiendrons d'entrer dans de plus grands détails.

#### MACHINES A HAUTE PRESSION.

Lorsque l'eau est soumise à une très haute température, on obtient une vapeur d'une pression plus forte; on sait depuis longtemps que l'accroisse-



ment de la pression est plus rapide que celui de la chaleur, circonstance qui a engagé beaucoup de personnes à essayer de se servir d'une pression très élevée. La pression dont on fait généralement usage dans les machines à haute pression n'est pas de plus de 5 kilogrammes par centimètre carré, et elle excède rarement 7 kilogrammes.

Dans les machines où la pression est si forte, on ne prend pas en considération la pesanteur de l'atmosphère, et on met le piston en mouvement en mettant un côté du cylindre en contact avec l'air, tandis que la vapeur agit sur le côté opposé du piston. Par cette manière d'opérer, toutes les parties qui servent à opérer la condensation dans les autres machines sont inutiles dans celle-ci, et par conséquent on évite la dépense de leur construction, le frottement qu'elles entraînent, et le soin nécessaire à leur entretien. Cela donne à la machine un degré de simplicité qui lui est tout particulier; mais malheureusement son travail est sujet à quelques accidents.

On s'est servi de ces sortes de machines à vapeur dès l'année 1724, et Leupold en a fait la description dans son *Theatrum Machinarum Hydraulicarum*, vol. II, pag. 93. La machine qu'il décrit est formée de deux cylindres qui ont leurs pistons attachés à deux bielles séparées, dont les extrémités sont en communication avec deux pompes foulantes.

Entre les deux cylindres est un robinet à quatre ouvertures. Comme les pistons sont chargés de manière à descendre au fond de chaque cylindre, il est clair qu'au moyen de ce robinet, la vapeur peut être alternativement conduite au bas du cylindre, tandis qu'en même temps le cylindre opposé à celui dans lequel la vapeur est admise, communique avec l'atmosphère. Ainsi, en tournant le robinet, les deux pistons sont alternativement élevés par la vapeur, et forcés de descendre au moyen des poids qui sont attachés à l'autre extrémité du balancier. Cette construction simple d'une machine à haute pression peut être mise en parallèle avec la machine à condensation de Newcomen.

M. Watt nous a donné connaissance de cette manière d'employer l'action directe de la vapeur, dans la dernière partie de sa Spécification, en 1769. Mais la machine la plus simple qui ait été construite dans les dernières années est celle inventée par M. Trevitheck afin d'appliquer cette puissance à la locomotion. Il obtint un brevet d'invention à ce sujet, conjointement avec M. Vivian, dans l'année 1802. Cette machine est particulièrement applicable à cet objet, attendu qu'elle ne demande point d'eau de condensation; ce qui autrement serait une difficulté insurmontable qui s'opposerait à son emploi.

La fig. 205 présente une section de cette sorte de machine. A B est la chaudière, A' est une soupape de sûreté, C D est le cylindre, E le robinet à quatre côtés, G est la communication avec la chaudière, H celle avec la cheminée, G' celle par où sort la vapeur, F la communication avec le haut, et K celle avec le bas ou le fond du cylindre. M est le piston, N la tige du piston, O la bielle jointe à la manivelle du volant. La bielle R est mise en action par la bielle O, à laquelle est attachée la tige d'une pompe foulante qui agit de l'autre côté de la chaudière, et force l'eau le long de Q U d'entrer dans la chaudière au point I. Le foyer est derrière la cheminée, comme on le voit dans la figure, et il est entouré de tous côtés par la chaudière. La fig. 206 est une section du cylindre perpendiculaire à la section de la fig. 205. Le

robinet à quatre ouvertures est mû sur son axe au moyen d'un levier fixé par une cheville sur une verge qui part de la pièce transversale C<sup>a</sup>. On doit entendre qu'il y a une autre verge de connexion et une autre manivelle de l'autre côté de la machine, et que le rayon C<sup>a</sup> les réunit.

Nous croyons que cette machine n'a pas besoin de beaucoup d'explication. Le robinet à quatre ouvertures permet à la vapeur de passer alternativement à la partie supérieure et à la partie inférieure du cylindre par les passages F et K, et lui procure une sortie par G<sup>a</sup>; l'eau froide qui alimente la chaudière l'entourant de tous côtés s'échauffe; par ce moyen elle est entretenue par une eau d'un degré de chaleur beaucoup plus élevé. La vapeur se condense au point H, ce qui fait que sa sortie devient plus rapide.

Cette sorte de machine a été inventée pour faire marcher des voitures de transport. Une machine locomotive a été construite par M. Threvitheck, dans le sud du pays de Galles, en 1804, et on fit l'essai sur les chemins de fer de Merthyr Tydvill; elle traitait plusieurs voitures de transport chargées de dix tonnes de barres de fer, à une distance de 14,500 mètres, sans autre provision d'eau que celle contenue dans la chaudière au moment du départ; sa vitesse était de huit kilomètres par heure. Depuis cette époque on en a fait l'essai dans plusieurs endroits sur les chemins de fer; mais leur usage n'est devenu général qu'en 1811, époque à laquelle M. Blenkinsop, propriétaire des mines de charbon de Middleton, qui fournissent la ville de Leeds, les adopta pour le transport de ses charbons sur le chemin de fer. M. Blenkinsop, en adoptant la machine locomotive, enleva les barres ordinaires le long de tout un côté de la route, et les remplaça par des barres munies de crans sur leur surface. Ces crans sont fondus en même temps que les barres, et sont creusés en dessous, afin d'acquiescer par là autant de légèreté que peuvent le demander leur force et leur durée. La grandeur de ces crans est de 15 centimètres, de sorte que chaque barre de 90 centimètres n'a que six crans. Une roue fixée sur un axe qui serait le même que celui du volant d'un côté de la voiture, entre dans les dents des barres, et toute la machine avance ainsi le long du chemin de fer. On a fait beaucoup d'essais inutiles pour parvenir à faire une machine capable de mettre des voitures en mouvement sur des routes ordinaires; mais avant qu'on puisse en venir à bout, il faut que les nombreuses parties de la machine soient rendues solidaires les unes des autres, et que son poids soit considérablement réduit.

*Observations sur le travail des machines à vapeur de Cornouailles, depuis août 1811 jusqu'en mai 1815 inclusivement, par MM. Lean.*

MM. Thomas et Jean Lean furent nommés à la surintendance générale, et les divers propriétaires, ainsi que les ingénieurs des mines respectives s'engagèrent à leur donner toute facilité et assistance dans l'exercice de leurs fonctions. Leur premier rapport mensuel, qui eut lieu dans le mois d'août 1811, était relatif à huit machines qui avaient consommé pendant ce mois 8600 hectolitres de charbon et élevé 47,959,355 kilogrammes d'eau à un mètre de hauteur par hectolitre de charbon consommé dans chaque machine, ce qui donne la proportion de 5,994,917 kilogrammes élevés à un mètre de haut par chaque

hectolitre de charbon. Dans les mois de septembre et d'octobre, le nombre des machines qu'ils avaient examinées était de neuf, et dans les mois de novembre et de décembre il était de douze. Il paraît évident que la publication régulière des tables de M. Lean avait été la cause de quelques améliorations utiles dans l'état des machines; car la quantité d'eau élevée dans le mois de décembre 1811, d'après ces tables, a été de 6,496,458 kilog. par hectolitre de charbon.

En janvier 1812, le nombre des machines dont nous venons de faire mention était de quatorze, et à la fin de cette année elles furent portées au nombre de dix-neuf; et la quantité moyenne de travail produit par chaque machine dans ladite année s'était élevée à 6,924,512 kilog.

En 1813, le nombre des machines mentionnées dans le rapport mensuel continua à augmenter jusqu'à ce qu'en décembre il y en eût de vingt-neuf, et la quantité de travail s'éleva à 7,668,238 kilog.

Pendant quelques-uns des mois de l'année 1814, les machines mentionnées furent au nombre de trente-deux, et la quantité de travail produit pendant le mois de décembre fut de 7,529,923 kilog. élevés à un mètre pour chaque hectolitre de charbon consommé.

La table ci-jointe est extraite des rapports de MM. Lean; la première colonne contient l'indication du nombre des machines, qui donne pour janvier 1815, par exemple, trente-deux machines; dans la seconde colonne se trouvent les quantités de charbon consommées par toutes les machines pendant le mois, dont le montant était de 40,284,5 hectolitres pour le même intervalle; dans la troisième colonne on a marqué le nombre de kilog. élevés par toutes les machines à un mètre de haut par chaque hectolitre, donnant pour résultat, dans le même mois, 88,141,493; enfin, en divisant ce nombre par trente-deux, qui est le nombre des machines en activité, pour avoir la quantité proportionnelle de travail fait par chacune d'elles, on trouve pour résultat 7,577,489. kilog.

TABLEAU.

MOIS ET ANS.	Nombre de machines.	Quantité de charbon consommée par toutes les machines.	Quantité de charbon sur laquelle l'observation est basée.	Tonnes ou kilolitres d'eau élevés à un mètre de hauteur par la quantité de charbon consommée dans le cours de l'observation.	Kilogrammes d'eau élevés à un mètre de hauteur par chaque hectolitre de charbon.
		hectolitres.	hectolitres.	tonnes.	kilogrammes.
1811. Août	8	8,601	8	47,928	5,991,000
Septembre	9	9,174	9	47,562	5,944,000
Octobre	9	8,901	9	46,326	5,790,778
Novembre	12	11,268	12	70,749	8,843,625
Décembre	12	14,375	12	77,875	9,734,378
1812. Janvier	13	18,207	13	99,911	12,488,878
Février	15	19,756	15	98,995	12,374,378

## LE MÉCANICIEN ANGLAIS.

MOIS ET ANS.	Nombre de machines.	Quantité de charbon consommée par toutes les machines.	Quantité de charbon sur laquelle l'observation est basée.	Tonnes ou Kilolitres d'eau élevés à un mètre de hauteur par la quantité de charbon consommée dans le cours de l'observation.	Kilogrammes d'eau élevés à un mètre de hauteur par chaque hectolitre de charbon.
		hectolitres.	hectolitres.	Tonnes.	Kilogrammes.
Mars	16	21,497	16	104,204	13,025,500
Avril	16	22,676	16	104,968	13,121,000
Mai	16	18,86	16	103,937	12,992,125
Juin	17	18,324	17	109,469	13,683,625
Juillet	17	18,747	17	114,168	14,271,000
Août	17	16,087	17	119,606	14,950,778
Septembre	18	16,916	18	132,390	16,548,778
Octobre	18	19,607	18	122,322	15,240,250
Novembre	21	20,783	21	144,955	18,119,378
Décembre	19	18,277	19	129,885	16,233,125
1813. Janvier	19	21,955	19	138,284	17,285,500
Février	22	21,099	22	166,720	20,840,000
Mars	23	26,849	23	167,444	20,930,500
Avril	23	22,442	23	163,721	20,465,125
Mai	24	20,906	24	176,072	22,009,000
Juin	24	19,305	24	178,660	22,332,500
Juillet	23	20,614	23	168,516	21,064,500
Août	21	18,215	21	158,421	19,802,625
Septembre	22	21,086	22	162,316	20,289,500
Octobre	26	24,188	26	185,695	23,211,878
Novembre	28	28,039	28	204,424	25,553,000
Décembre	29	31,360	29	222,194	27,774,250
1814. Janvier	28	33,352	28	209,285	26,160,625
Février	26	28,711	26	203,937	25,492,125
Mars	28	39,950	28	214,854	26,886,778
Avril	29	33,299	29	219,114	27,389,250
Mai	28	28,875	28	216,341	27,042,625
Juin	30	27,387	30	238,134	29,791,778
Juillet	27	30,979	27	217,819	27,227,378
Août	26	25,606	26	207,107	27,137,778
Septembre	27	28,414	27	213,031	26,628,878
Octobre	32	27,292	32	239,667	29,958,378
Novembre	32	29,807	32	242,182	30,272,778
Décembre	29	30,777	29	218,783	27,347,878
1815. Janvier	32	40,284	32	242,182	30,272,778
Février	33	30,500	33	269,903	33,737,878
Mars	34	42,654	34	268,307	33,538,378
Avril	35	38,422	35	266,181	33,272,625
Mai	34	39,037	34	254,334	31,791,778

Il résulte de la table précédente que la quantité moyenne d'eau élevée par les machines dont il est fait mention, à l'exclusion de celle pour laquelle M. Wolf a eu son brevet, est jusqu'à ce jour d'environ 7,600,000 kilog.

Nous avons omis exprès de faire mention de la machine de Woolf, parce que le but qu'on se proposait d'atteindre, par le rapport mensuel sur la quantité d'eau élevée par chaque machine, était surtout de comparer l'effet produit par des pompes mues par la machine à deux cylindres de M. Woolf avec les machines alors en usage dans le Cornouailles. Une machine de Woolf vient d'être construite à la mine de Wheal-Vor; le diamètre du grand cylindre est de 1<sup>m</sup>35. Le petit cylindre a environ le cinquième de la capacité du premier. La levée du piston est de 2<sup>m</sup>74. D'après le rapport de MM. Lean pour le mois de mai, le travail fait par cette machine a été de 19.016.191 kil. élevés à un mètre pour chaque hectolitre de charbon consommé. Pendant le mois de juin le travail de la machine a été de 25,340,000 kilog.

Ainsi le travail de la machine de Woolf a été de 25 millions pendant les mois de mai et de juin, tandis que le travail réuni des deux machines n'a été que de 10 millions. Il est évident par là que les améliorations qu'a faites M. Woolf dans la construction des machines à vapeur procureront des avantages considérables dans l'exploitation des mines d'Angleterre. Quelques-unes des grandes mines (lorsque cette machine sera généralement mise en usage, ce qui tôt ou tard ne manquera pas d'avoir lieu) donneront, par l'économie du charbon seule, plusieurs mille livres sterling de plus par an à leurs propriétaires. Ce n'est pas là le seul avantage : la dépense ainsi diminuée empêchera une grande quantité de mines de suspendre leurs travaux, et sera cause qu'on reprendra beaucoup de celles dont les travaux avaient été suspendus à cause de la dépense qu'il fallait faire pour en épuiser les eaux.

D'après le rapport de MM. Lean pour janvier 1816, le produit de l'ouvrage de 33 machines a été pendant ce mois de 7,872,000 kilog. d'eau élevés à un mètre de haut par chaque hectolitre de charbon consommé. La machine de Woolf à Wheal-Vor a, pendant le même mois, élevé 18,256,000 kilog. ; et celle placée à Wheal-Abraham a élevé 18,134,000 kilogrammes.

Ayant ainsi examiné la construction de divers genres de machines généralement en usage, nous nous abstenons de parler des essais des différents spéculateurs, qui ont cherché à perfectionner les machines à vapeur, et qui ont enrichi pendant plusieurs années nos feuilles périodiques, en y insérant les plans des machines nouvelles qu'ils soumettaient ainsi à l'examen des mécaniciens.

Les calculs qui font connaître la puissance de la machine sont d'une grande importance ; mais les praticiens savent bien qu'on ne peut en faire de parfaitement exacts. Nous avons déjà prouvé que la quantité de force dépensée dans les machines à vapeur peut être mesurée avec beaucoup d'exactitude, au moyen de jauges et de soupapes de sûreté ; mais l'effet réel qui en résulte ne se calcule pas aisément, attendu que le frottement de diverses parties varie beaucoup selon l'état dans lequel elles se trouvent. L'état de la condensation dans les machines à condenseur donne un vide plus ou moins parfait, qui varie malgré tous les soins qu'on peut apporter pour y remédier, et qui apporte encore une source d'erreur dans le calcul. On est généralement tombé d'accord, parmi les ingénieurs, que près de la moitié de la vapeur doit être déduite de la force produite ; supposons donc une machine à vapeur dont le cylindre ait 36 centimètres de diamètre ; la surface du piston sera de 1131 centimètres carrés ; supposons en outre que le baromètre du condenseur indique un

vide parfait ; que la pesanteur de l'atmosphère indiquée par un baromètre soit d'environ deux kilogrammes, et que l'instrument qui indique la quantité de vapeur dans la chaudière soit à environ 5 centimètres, ce qui indique  $\frac{2}{3}$  de kilog. de pression. Nous pouvons estimer que la pression sur chaque centimètre carré du piston sera de 2 kilog.  $\frac{2}{3}$ , et par conséquent la pression totale sur le piston sera de  $(2 + \frac{2}{3}) \times 1131 = 2584$  kilog. Et en déduisant la moitié pour le frottement, il nous restera une force réelle de 1292 kilogrammes qui agiront dans l'espace indiqué, à mesure que le piston sera mis en mouvement ; cette force étant divisée par l'estimation de la puissance d'un cheval, selon MM. Boulton et Watt, donnera le produit de la puissance de cette machine.

On sait depuis longtemps que la progression suivant laquelle croît la pression de la vapeur est plus rapide que celle suivant laquelle s'élève la température ; et un mécanicien habile de nos jours a essayé de faire usage de la vapeur à une très haute pression. Sans entrer dans le détail des obstacles qu'il rencontra, nous observerons seulement en peu de mots que la résistance que les différentes parties de la machine doivent opposer à cette immense pression, ainsi qu'à l'action dilatante de la chaleur, présente des difficultés presque insurmontables.

On ne peut nier que le mouvement de *va et vient* dans les machines à vapeur n'occasionne une perte considérable de puissance ; en effet le moment dans lequel la tige du piston et les autres parties de la machine s'arrêtent pour se mouvoir dans une direction opposée, occasionne une perte de puissance. On a donc, avec raison, cherché à trouver un mouvement de rotation, mais on n'y est pas encore parvenu avec avantage.

MM. Boulton et Watt, en introduisant l'usage de la machine à vapeur dans plusieurs opérations où l'on faisait usage de la puissance des chevaux, ont dû prendre en considération le nombre de chevaux employés à ces travaux, afin de pouvoir vérifier la somme de force dont on avait besoin. D'après le résultat d'un grand nombre d'expériences, ils ont conclu qu'un cheval travaillant huit heures par jour pouvait lever 4558 kilogrammes à un mètre de haut dans une minute. Ainsi en divisant par ce nombre la quantité de kilogrammes qu'une machine peut lever à un mètre de haut dans une minute, on aura le nombre de chevaux auquel la puissance de cette machine est équivalente.

On a représenté en entier, fig. 207, une machine d'une construction dite portable. A est le cylindre, B la pompe à air, C la pompe à eau froide, D la pompe à eau chaude, E le balancier, F la bielle, G le volant, H l'excentrique et I le régulateur.

On emploierait plusieurs volumes à décrire les différentes formes de construction de machines qui ont été inventées depuis que l'on connaît la puissance de la vapeur, et l'on retirerait très peu d'avantage de telles descriptions, attendu que le plus grand nombre de ces constructions ont été l'ouvrage d'hommes qui ignoraient les principes de l'action de la machine, et dont les productions peuvent être rangées dans la classe des innovations inutiles.

Lorsqu'on veut obtenir des améliorations, il faut d'abord considérer les principes de l'action. Dans les machines à condenser, le mouvement a lieu par l'augmentation et la diminution alternative de la vapeur, lesquelles doivent être instantanées. Le premier but à atteindre est donc de maintenir une

haute température, tandis que la vapeur agit avec force, et de la réduire tout à coup lorsqu'il s'agit d'opérer la condensation. C'est ce que l'on a pris en considération dans la machine construite d'après les principes de Newcomen, et c'est ce que M. Watt a obtenu avec une grande efficacité.

On peut parvenir à obtenir des améliorations dans les autres parties de la machine, en considérant le poids et le frottement, et en substituant un mouvement de rotation au mouvement alternatif.

On ne saurait trop recommander la simplicité dans toutes les combinaisons mécaniques ; car il y a beaucoup d'inventions qui certainement mériteraient d'être qualifiées d'améliorations, si leur complication n'en rendait l'application impossible.

On a souvent fait des essais, à l'effet d'éviter de faire usage de la pompe à air, qui ôte à la machine une quantité considérable de sa puissance ; on a quelquefois adapté au condenseur un baromètre à air, et on a pratiqué une chute d'eau qui passait sur les bords supérieurs, et s'introduisait dans l'orifice d'un tube en poussant l'air devant elle. La partie supérieure de ce tube communiquait avec le tuyau destiné à la sortie de la vapeur, et supportait, dit-on, un vide d'une raréfaction considérable. On a souvent adopté la méthode d'augmenter la surface de la vapeur pour la raréfier, en la faisant passer par des tubes entourés ou remplis d'eau. Il a été fait de fréquents essais sur l'emploi d'une grande surface pour donner à la vapeur une chaleur considérable, comme aussi pour la refroidir dans la condensation. Il n'est pas douteux qu'on ne puisse parvenir à de grands avantages en marchant dans cette voie ; mais nous craignons qu'il ne faille, pour parvenir à ce but, une telle complication dans les parties intégrantes de la machine, que par là les avantages qui pourraient résulter de ce principe ne se trouvent plus que contre balancés.

Les machinistes ont toujours apporté une grande attention aux parties de la machine chargées de distribuer la vapeur, et leurs efforts ont produit beaucoup de combinaisons très ingénieuses. Il faut faire une grande attention aux diverses parties agissantes, dans l'emploi d'une machine à vapeur. Il faut envelopper le cylindre de chanvre bien propre enduit du meilleur suif, avoir soin que les garnitures soient toujours en bon état ; il faut encore examiner soigneusement et souvent l'allure du volant, de la tige du piston, de la manivelle et du balancier, et il faut les huiler continuellement avec du sperme de baleine, qui est ce qu'il y a de mieux pour graisser les machines de tout genre.

La manière de mettre une machine en mouvement est d'abord de fermer le robinet condensateur, puis d'ouvrir toutes les soupapes afin de faire passer la vapeur dans la chemise, dans le cylindre, à travers le tuyau de sortie dans le condenseur ; afin de chasser l'air de toutes les parties, et de les mettre à un degré convenable de température, ce qui a lieu lorsque la vapeur sort par la soupape renflante ; et ce n'est que quand toutes les parties de la machine sont suffisamment échauffées, que la vapeur se condense.

Quand toutes les parties sont échauffées, on peut faire l'injection de l'eau dans une partie de la machine, ce qui produit le vide sur un côté du piston, et produit une action subite.

Le levier de la soupape à vapeur, qu'on doit d'abord attacher au régulateur, doit être tenu dans la main du servent lorsqu'il s'agit de faire mouvoir la machine, jusqu'à ce que la machine ait acquis un mouvement régulier.

## VIDE DE BROWN, OU MACHINE PNEUMATIQUE.

Après avoir terminé la description des machines à vapeur, nous allons donner les détails de la machine ci-dessus mentionnée, qui a dernièrement attiré l'attention d'un grand nombre de mécaniciens. Elle est représentée fig. 208.

A A est un balancier oscillant autour du centre B, C et C' deux cylindres en métal de force suffisante pour résister à la pression de l'atmosphère, qui est environ de 2 kilogrammes par centimètre carré sur la surface extérieure. C<sup>2</sup> et C<sup>3</sup> sont des couvercles attachés à chaque bout de balancier, et capables de fermer chacun des cylindres de manière à les rendre impénétrables à l'air. On voit une section du cylindre C<sup>1</sup>.

E E et E' E' sont deux tuyaux contenant des soupapes qui ouvrent par en haut ; ces tuyaux servent de communication aux réservoirs F' et F I avec les cylindres C et C<sup>1</sup>.

D D est un tuyau conduisant du gazomètre dans les deux chambres C et C<sup>1</sup>, à l'effet de fournir le gaz qui doit être employé à former le vide. On peut recevoir ou rejeter le gaz au moyen de deux robinets D<sup>2</sup> et D<sup>3</sup>, qui ouvrent et ferment au moyen de manivelles que fait agir le mouvement du balancier.

G G sont deux autres tuyaux auxquels le gazomètre fournit le gaz, et qui se terminent à chaque bout par un jet. Il résulte de la direction transversale de ces tuyaux que les flammes se projeteront dans les cylindres C et C<sup>1</sup> quand leurs orifices respectifs seront ouverts.

K et K<sup>1</sup> sont deux tuyaux qui donnent à l'air extérieur une communication avec l'intérieur de chacun des cylindres C et C<sup>1</sup>; leurs extrémités extérieures peuvent être fermées au moyen des ressorts *n n*, qui sont attachés par des chaînes aux flotteurs F<sup>2</sup> F<sup>3</sup>.

Le mode d'opération consiste à permettre au gaz de passer du gazomètre le long d'une des branches des tuyaux D D, et de là dans un des cylindres C ou C<sup>1</sup>. Supposons que ce soit C<sup>1</sup>, dans lequel le jet du gaz enflammé entre, raréfie et chasse par sa combustion une portion considérable de l'air atmosphérique contenu dans le cylindre. Supposons encore que le cylindre soit ouvert, et que par le mouvement de la chaîne attachée au flotteur l'orifice *h* et le tuyau à gaz D soient fermés, la combustion cessera sur le-champ et y laissera un vide partiel. L'atmosphère, qui commence alors à presser sur le vaisseau F', fera passer dans la chambre C<sup>1</sup> autant d'eau qu'il sera à peu près nécessaire pour compenser le vide ; et alors la soupape à travers laquelle l'eau a passé étant fermée, et la communication entre l'intérieur du cylindre et l'air extérieur étant ouverte pour l'ouverture de K<sup>1</sup>, l'eau contenue dans la chambre en sort et met en mouvement par sa chute et par son poids la roue à eau en dessus W. De là elle passe dans le réservoir S, et enfin elle arrive par S' S' dans F ou F<sup>1</sup> qui permet à la machine de renouveler son mouvement.

En examinant la planche on verra que lorsque le couvercle d'une chambre se ferme, les autres ouvertures de la même chambre sont fermées en même temps. Par l'élevation de l'autre extrémité du balancier, les ouvertures semblables de l'autre chambre s'ouvrent, et se tiennent prêtes à une semblable opération.



Les avantages que présente cette machine sont détaillés dans la description qu'en a donnée l'inventeur ; voici les principaux.

Premièrement, la quantité de gaz hydrogène consommé étant très petite, la dépense nécessaire pour le travail de cette machine est peu considérable. En l'appliquant à des manufactures, l'économie en sera très grande; la dépense du gaz hydrogène, en en déduisant la valeur du résidu du charbon, est peu considérable. La dépense pour faire marcher un bateau serait certainement plus grande, attendu que le gaz qu'on emploiera à cet effet devra être tiré de l'huile, de la poix, du goudron ou de quelque autre substance également facile à transporter ; mais, même dans ce cas, cette dépense ne sera pas égale à celle du charbon nécessaire pour faire mouvoir un bateau à vapeur ; et avec quelques tonnes d'huile, les bâtiments du plus grand tonnage pourront entreprendre et achever les plus longs voyages.

Secondement, la machine est d'une construction légère et portable. Son poids n'est pas le cinquième du poids d'une machine à vapeur et d'une chaudière de même puissance. Elle occupe donc un espace plus petit, et ne demande pas une construction si solide, ni une cheminée si haute. Sur les navires elle sera très avantageuse en économisant le tonnage; elle sera moins encombrante, ses dimensions étant plus petites, et la provision pour le chauffage exigeant beaucoup moins de place.

Troisièmement, cette machine est entièrement exempte d'accident, attendu que n'employant pas de chaudière, on ne peut craindre les explosions; et comme la quantité du gaz consommé est très petite, et que la seule pression est celle de l'atmosphère, il est impossible que le cylindre puisse éclater, ou que les autres accidents auxquels sont sujets les bateaux à vapeur puissent avoir lieu.

La puissance de la machine tirant son origine de la puissance atmosphérique, qui est de 2 kilogrammes environ par centimètre carré, peut être augmentée à volonté en augmentant les dimensions du cylindre. On peut toujours connaître le degré de cette pression au moyen d'un tube rempli de mercure.

Il est presque inutile de faire observer un fait bien connu : c'est que, déduction faite du frottement provenant de l'emploi des pompes à air et à eau froide, etc., etc., la puissance de la machine à vapeur à condensation est en général d'un kilogramme par centimètre carré.

Le prix de la machine serait plus élevé que celui d'une machine à vapeur appliquée à dessécher des marais, etc., ou à alimenter des réservoirs ; mais la dépense de l'entretien sera considérablement moindre que celle de la machine à vapeur ; et si elle venait à se déranger, on pourrait la réparer sur-le-champ et à très peu de frais.

Après avoir bien examiné les effets de cette machine, nous ne pouvons nous empêcher de lui donner jusqu'à un certain point notre approbation. En effet, l'inventeur a effectué un vide, au moyen de la combustion, d'une manière nouvelle, et préférable à ce qu'on avait fait jusqu'à ce jour. Mais l'expérience seule décidera si cette invention pourra entrer en concurrence avec la machine à vapeur.

Nous apprenons que l'inventeur se propose d'appliquer les effets du vide ainsi produit au mouvement d'un piston dans un cylindre, et que son but est

d'en faire usage pour la locomotion. On obtiendrait par là un résultat beaucoup plus avantageux qu'en se servant de l'appareil que nous venons de décrire, car on aurait levé le principal obstacle, on aurait obtenu une condensation rapide sans le secours de l'eau froide. Nous n'osons espérer, mais nous souhaitons que l'inventeur réussisse dans ses essais.

## DE LA RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX.

La connaissance des expériences suivantes, faite par M. Georges Rennie jeune, et communiquées par lui dans une lettre au docteur Thomas Young, nous a paru d'une telle importance dans la construction des machines, que nous l'avons extraite des *Transactions* de la Société royale pour les placer ici, avec quelques notes utiles de M. T. Tredgold.

« En présentant le résultat des expériences suivantes, dit M. Rennie, j'espère que l'on ne m'accusera pas de sortir de mon sujet, si je donne un léger aperçu des travaux des autres. La connaissance des propriétés des corps, qui fait le sujet le plus immédiat de nos observations, est si nécessaire au progrès de la science, que tout ce qui tend à l'avancer et à la perfectionner mérite la plus sérieuse attention. La Société royale a fait, à une époque déjà éloignée, quelques expériences à cet égard ; mais elles ont peu servi.

« Emerson, dans ses *Mécaniques*, a donné un grand nombre de règles et de méthodes approximatives. Le professeur Robinson, dans son excellent traité de l'Encyclopédie anglaise ; Banks, sur la puissance des machines, D. Anderson de Glasgow, le colonel Beaufoy, etc., sont, parmi nos compatriotes, ceux qui ont fait connaître le résultat de leurs expériences sur le bois et le fer. Ce sujet paraît cependant avoir fixé depuis longtemps l'attention du continent. Galilée publia, en 1638, une théorie sur la résistance des solides, et son exemple fut suivi par un grand nombre d'autres philosophes. Mais quelque plausibles que paraissent leurs raisonnements, ils étaient plus théoriques que pratiques, comme on le verra par la suite. Ce n'est qu'en fondant sa théorie sur des expériences faites avec soin et bien dirigées, qu'on peut obtenir des résultats positifs. »

Il serait inutile d'énumérer les travaux de ces philosophes, qu'ils aient suivi les traces de Galilée ou s'en soient écartés, parce qu'ils n'ont fait qu'obscurcir un sujet sur lequel ils n'avaient pas assez de données pour pouvoir le traiter <sup>1</sup>. Il suffira de citer les noms de ceux qui, conjointement avec

<sup>1</sup> Il est vrai que ce sujet a été traité par beaucoup de philosophes instruits depuis Galilée jusqu'à nos jours ; mais ce n'est que depuis très peu d'années qu'on a enfin reconnu que l'objet principal de ces sortes de recherches était d'éclairer la pratique ; ces savants avaient tellement négligé cette partie, que lorsque le docteur T. Young publia son cours, on avait sur ce sujet très peu de connaissances, à l'exception des recherches compliquées et peu satisfaisantes d'Euler et de Lagrange. Quant à la résistance, à la *rupture*, qui était le seul objet de l'examen des écrivains mécaniciens, c'est une question de peu d'importance. Les lois de la *flexion* sont le principal élément dont on ait besoin dans la construction des bâtiments, et on a voulu par ces notes appeler l'attention des faiseurs d'expériences sur cette partie du sujet. Et comme il est

nos compatriotes, ont ajouté par leurs travaux au petit nombre de connaissances que nous possédons. Les expériences de Buffon, dont il est fait mention dans les Annales de l'Académie des sciences de Paris, en 1740 et 1741, étaient faites sur une échelle assez large pour justifier toutes les conclusions qu'on pouvait en tirer, s'il n'eût pas omis de démontrer la force directe et absolue du bois. Il a pourtant été prouvé par ces expériences que la force de la fibre ligneuse est proportionnée à sa pesanteur spécifique. Muschenbroeck, qui mérita, dit-on, la confiance par son exactitude, fit, sur plusieurs espèces de bois et de métaux, divers essais dont les résultats furent d'une bien plus grande importance que tout ce qu'on avait enseigné avant lui. Mariotte, Varignon, Perronet, Ramus, Rondelet, Gauthey, Navier, Aubry et Texier de Norbeck, firent aussi quelques expériences; celles de l'École Polytechnique furent rédigées par M. de Prony. Avec de telles autorités sous les yeux, on pourrait m'accuser de présomption, si je présentais mes idées sur un sujet qui a été déjà traité par des hommes de ce mérite; mais quiconque a eu l'occasion d'examiner les principes de la construction de tout édifice, sait que la combinaison des parties est plutôt le résultat de données incertaines que de règles fixes, et voit bientôt combien nos connaissances sur un sujet aussi important sont encore imparfaites. Le désir d'obtenir une approximation, à laquelle on ne peut arriver que par des expériences répétées sur les matières elles-mêmes, m'a engagé à entreprendre les expériences suivantes.

On a fait choix d'une barre du meilleur fer anglais, d'environ 3<sup>m</sup>05 de long, et on y a placé un levier dont le point d'appui est indiqué par F (fig. 209). Le trou en a été percé avec soin, et la cheville en fut façonnée et tournée afin d'en rendre le mouvement plus libre. L'étalon A fut solidement fixé par la noix C sur une forte plaque de fer de fonte, affermie sur le terrain. Le levier fut exactement divisé dans sa pointe inférieure qu'on plaça sur une ligne droite avec le point d'appui. On choisit un point de la division D, à 13 centimètres du point d'appui, et on y appliqua un morceau d'acier durci. On équilibra le levier au moyen d'un poids; et dans cet état il était préparé pour l'opération. Mais afin de le maintenir autant de niveau que possible, on perça un trou dans une saillie de la plaque servant d'appui, et assez grand pour pouvoir y introduire avec facilité une forte cheville que l'on empêcha de tourner au moyen d'un ressort adapté dans une partie correspondante du trou; de sorte que, pour maintenir le niveau, nous n'avions qu'à faire mouvoir la noix et élever ou baisser la cheville, selon la grosseur de l'objet soumis à l'épreuve; mais comme une inégalité de pression pouvait naître de la nature de l'appareil, le corps qu'on voulait examiner fut placé entre deux pièces d'acier; la pression fut communiquée par l'intermédiaire de deux morceaux de cuir épais placés au-dessus et au-dessous des pièces d'acier; et, par ce moyen, on obtint un contact de surface plus égal. L'échelle fut attachée à une bague ou anneau de fer qui ne touchait au levier que dans un point seulement. Je fis d'abord usage d'une corde pour le balancier, qui indiqua un frottement de 1814

probable que l'auteur ingénieux des expériences, que j'ai maintenant sous les yeux, cherche résumer ses travaux, je suis sûr qu'il ne sera pas fâché qu'on appelle son attention sur des points intéressants qu'il a ou négligés ou dérobés à la connaissance du public.

grammes, mais la chaîne diminua le frottement de moitié. Tout le centre mobile fut bien huilé. De toutes les résistances opposées aux simples efforts qui peuvent troubler l'état de repos d'un corps, les principales sont la force répulsive par laquelle il résiste à la compression, et la force de cohésion par laquelle il résiste à l'extension. Quant à la première, à l'exception des expériences de Gauthey et de Rondelet sur les pierres, et de quelques autres, sur les substances molles, on ne peut faire presque aucune citation. Dans le mémoire de M. Lagrange sur la force des ressorts, publié dans l'année 1760, le *moment* d'élasticité est représenté par une quantité constante, sans indiquer le rapport de cette évaluation à la dimension du ressort.

Mais dans son mémoire de l'année 1770, sur la forme des colonnes, et dans lequel il considère un corps dont les dimensions et l'épaisseur sont variables, il établit une proportion entre le *moment* d'élasticité et la quatrième puissance du rayon, en observant que les rapports théoriques et pratiques s'accordent en ce point. Ce principe a été admis par Euler, dans son mémoire de 1780 sur ce même sujet si hérissé de difficultés. M. Coulomb avait pourtant démontré, avant cette époque, combien tous ces calculs étaient peu applicables aux colonnes dans les circonstances ordinaires, et avait même réitéré cette observation dans ses leçons sur la philosophie naturelle. Les résultats des expériences sont donc sensiblement différents, puisque l'on déduit de celles de Raynold que la puissance nécessaire pour écraser un cube de fonte de 25 millimètres de côté, est de 203,123 kilog., ou 200 tonneaux; tandis que, d'après le résultat de treize expériences faites par moi sur des cubes de même dimension, cette puissance n'excéda jamais 4694 à 4712 kilog., ou pas tout à fait 5 tonneaux; ce que l'on peut voir en se référant aux tables. On s'est servi de quatre sortes de fontes : 1° de fonte prise dans le centre d'un grand bloc, dont la cristallisation paraissait semblable, en apparence et en grandeur, à celle que l'on remarque dans la fracture de ce qu'on appelle ordinairement *metal à canon*; 2° de fonte prise dans une petite fonderie, à petits grains et d'une couleur sombre et grisâtre; 3° de fonte coulée horizontalement, de 0<sup>m</sup>0095 carrés sur 20 centimètres de long; 4° de fonte coulée verticalement, et de la même dimension au moins. A l'essai, les barres furent trouvées assez uniformes; les poids dont on se servit étaient les meilleurs que l'on avait pu se procurer, et l'on employa de plus petits poids à mesure qu'on eut acquis plus d'expérience.

*Expériences sur la fonte, en cubes de 0<sup>m</sup>0032, etc.*

Fonte prise en bloc, dont la pesanteur spécifique était 7,033.

Nos	Moy.		Kilogr.
1.		0,0032 × 0,0032 . . . . .	659,2
2.	652,7	0,0032 × 0,0032 . . . . .	642,0
3.		0,0032 × 0,0032 . . . . .	657,0

*Épreuves sur des pièces de différentes longueurs.*

Pesanteur spécifique de la fonte, 6,977.

4.	959	0,0032 × 0,0063 . . . . .	871
5.		0,0032 × 0,0063 . . . . .	1047

Nos Moy.		Kilogr.
6.	$0,0032 \times 0,0095$ Entamée par 845 kilog. écrasée par.	1071
7.	$0,0032 \times 0,0127$ <i>Id.</i> . . . 678. . . <i>Id.</i> . . .	909
8.	$0,0032 \times 0,0159$ <i>Id.</i> . . . . .	638
9.	$0,0032 \times 0,0192$ <i>Id.</i> . . . . .	790
10.	$0,0032 \times 0,0222$ <i>Id.</i> . . . . .	723
11.	$0,0032 \times 0,0286$ <i>Id.</i> . . . . .	652

*Expériences sur des cubes de 0<sup>m</sup>0063 extraits du bloc.*

23 avril 1817.

12.	$0,0063 \times 0,0063$ . . . . .	4784
13.	$0,0063 \times 0,0063$ . . . . .	4347
14.	$0,0063 \times 0,0063$ . . . . .	4492
15.	$0,0063 \times 0,0063$ . . . . .	4086

*Fonte coulée horizontalement. — Pesanteur spécifique 7,113.*

16.	$0,0063 \times 0,0063$ . . . . .	4726
17.	$0,0032 \times 0,0063$ . . . . .	4856
18.	$0,0063 \times 0,0063$ . . . . .	4804
19.	$0,0063 \times 0,0063$ . . . . .	3941

*Fonte coulée verticalement. Pesanteur spécifique 7,074.*

20.	$0,0063 \times 0,0063$ Bout de barre verticale. . . . .	5737
21.	$0,0063 \times 0,0063$ . . . . .	4960
22.	$0,0063 \times 0,0063$ . . . . .	5023
23.	$0,0063 \times 0,0063$ . . . . .	4459
24.	$0,0063 \times 0,0063$ Dimension entière, brisée par écailles avec 4663; essai nouveau. . . . .	5010

Prisme terminé par une courbe logarithmique, et ressemblant à une colonne; il avait 0<sup>m</sup>0254 de diamètre et autant de hauteur; il fut brisé par. . . . . 2150

*Expériences sur des prismes de diverses longueurs.*

23 avril.

25.	$0,0063 \times 0,0126$ Horizontal. . . . .	4283
26.	$0,0063 \times 0,0126$ <i>Id.</i> . . . . .	4292
27.	$0,0063 \times 0,0126$ <i>Id.</i> . . . mauvais essai, 4080	
28.	$0,0063 \times 0,0126$ Vertical . . . . .	4492
29.	$0,0063 \times 0,0126$ <i>Id.</i> . . . . .	4078

*Fonte coulée horizontalement.*

29 avril.

30.	$0,0063 \times 0,0095$ . . . . .	4080
31.	$0,0063 \times 0,0159$ . . . . .	4087

Nos

32.	0,0063 × 0,0192.	. . . . .	3778
33.	0,0063 × 0,0222.	. . . . .	2913
34.	0,0063 × 0,0254.	. . . . .	2853

*Fontes coulée verticalement.*

35.	0,0063 × 0,0095.	. . . . .	4225
36.	0,0063 × 0,0159.	. . . . .	3798
37.	0,0063 × 0,0192.	Petite défectuosité dans cette épreuve.	3577
38.	0,0063 × 0,0222.	. . . . .	3179
39.	0,0063 × 0,0254.	. . . . .	2913

*Expériences sur différents métaux.*

40.	0,0063 × 0,0063	Cuivre fondu, brisé en pièces par.	- . .	3315
41.	0,0063 × 0,0063	Beau c. jaune réduit à $\frac{1}{10}$ p.	1455 à $\frac{1}{3}$ .	4668
42.	0,0063 × 0,0063	Cuivre travaillé.	. . . $\frac{1}{10}$ p. 1552	$\frac{1}{3}$ p. 2917
43.	0,0063 × 0,0063	Etain fondu.	. . . $\frac{1}{10}$ p. 248	$\frac{1}{3}$ p. 438
44.	0,0063 × 0,0063	Plomb fondu.	. . . . .	$\frac{1}{3}$ p. 219

L'anomalie entre ces trois premières expériences sur un cube de 0<sup>m</sup>0032, et entre les deux secondes à raison de la différence des longueurs, ne peut être attribuée qu'à la difficulté de réduire de si petits échantillons à une parfaite égalité. Les expériences faites sur des prismes de 0<sup>m</sup>0032, de différentes longueurs, ne donnent aucune évaluation.

Les expériences faites sur des cubes de 0<sup>m</sup>0063, en prenant les trois premiers pour terme de comparaison, donnent, entre eux et les trois autres de 0<sup>m</sup>0032, le rapport suivant :

Comme 1 : 6096 dans les fontes en bloc.

Comme 1 : 7352 dans les fontes coulées horizontalement.

Comme 1 : 8035 dans les fontes coulées verticalement.

Dans divers cas, la proportion est comme celle des cubes.

Le cube de fonte coulée verticalement est plus fort que le cube de fonte coulée horizontalement.

Les prismes ont ordinairement pris une courbure semblable à une courbure du troisième ordre, avant de se briser.

Les expériences sur différents métaux ne donnent aucun résultat satisfaisant. La difficulté consiste à assigner une valeur aux divers degrés de diminution. Quand on comprime jusqu'à un certain point, la résistance devient énorme.

*Expériences en suspendant les barres.*

On se sert du levier comme dans les précédentes expériences; mais les métaux étaient tenus par des tenailles.

Les tenailles étaient en fer forgé; et leurs bouts étaient adaptés de manière à recevoir les barres qui, étant amincies par les deux bouts et augmentant en

diamètre de la section actuelle, si je puis m'exprimer ainsi, étaient saisies des deux côtés par les tenailles qui se trouvaient elles-mêmes maintenues par un anneau; en sorte que les barres de 0<sup>m</sup>15 de longueur sur 0<sup>m</sup>0063, étaient tenues d'une manière fixe et solide.

N <sup>o</sup>		Avril 30, 1817.	
		kilogr.	
45.	0 <sup>m</sup> 0063 Barre de fer fondu horizontale. . . . .	5282	} 5400 kil.
46.	<i>Idem</i> <i>Idem</i> verticale. . . . .	5517	
47.	<i>Idem</i> acier fondu courbé avant l'expérience. . . . .	3801	
48.	<i>Idem</i> aci er dit <i>blister</i> , réduit au marteau. . . . .	3770	
49.	<i>Idem</i> acier brisé <i>Idem</i> <i>Idem</i> . . . . .	3614	
50.	<i>Idem</i> fer suédois <i>Idem</i> <i>Idem</i> . . . . .	2140	
51.	<i>Idem</i> fer anglais <i>Idem</i> <i>Idem</i> . . . . .	1582	
52.	<i>Idem</i> métal dur, dit à canon, au moyen de deux épreuves. . . . .	1030	
53.	<i>Idem</i> cuivre travaillé et martelé. . . . .	957	
54.	<i>Idem</i> fondu. . . . .	540	
55.	<i>Idem</i> beau cuivre jaune. . . . .	509	
56.	<i>Idem</i> étain fondu. . . . .	134	
57.	<i>Idem</i> plomb fondu. . . . .	52	

*Remarques sur les dernières épreuves.*

Le rapport de la force de cohésion des cubes de fonte horizontale à celle des barres de fonte horizontale est de 8,65 à 1.

Le rapport de celle des cubes de fonte verticale à la cohésion des barres de fonte verticale est de 7,14 à 1.

La proportion des barres comparées avec le cube n<sup>o</sup> 16, est comme 10,611 à 1.

Les autres métaux décroissent en force, depuis l'acier fondu jusqu'au plomb fondu.

L'extension des barres en épreuve produisait une chaleur sensible.

La fracture des barres de fer était accompagnée d'une très petite diminution de section qui était à peine sensible.

L'expérience de M. de Prony, qui affirme qu'en faisant une légère incision avec la lime, la résistance est diminuée de moitié, fut renouvelée sur une barre de fer anglais de 6 millimètres; le résultat en fut 1323 kilogrammes; ce qui ne diminue pas tout à fait la résistance d'un sixième.

Cette seule épreuve ne détruit cependant pas entièrement l'assertion de cet habile physicien; car une incision est un terme trop vague. Celle que je fis pouvait avoir environ 6 dix millièmes de mètre.

*Expérience sur la torsion des barres de 6 millimètres.*

Pour parvenir à tordre une barre, on se servit d'un autre appareil; il consistait en un levier de fer forgé, de 0<sup>m</sup>60 de long, ayant une tête arquée, d'environ un 6<sup>m</sup> d'un cercle de 1<sup>m</sup>20 de diamètre, dont le levier représentait le rayon. Le centre autour duquel il se mettait en mouvement,

avait un trou carré propre à recevoir le bout de la barre qu'on voulait tordre. Le levier était maintenu en équilibre comme auparavant, et on suspendait une balance à la tête arquée. L'autre bout de la barre était fixé dans un trou carré pratiqué dans un morceau de fer, lequel tenait par une vis. Les poids ci-après mentionnés représentent la quantité de poids mis dans la balance.

Mal 30, 1817.

*Sur des barres tordues , en fonte horizontales.*

Nos		kilogr,
58.	0,0063 Barres tordues comme ci-dessus, par. . . . .	4,48 dans la bal.
59.	0,0063 <i>Idem</i> mauvaise fonte. . . . .	3,74
60.	0,0063 <i>Idem</i> . . . . .	4,56
	Moy. . . . .	4,26

*Fonte verticale.*

61.	0,0063. . . . .	4,76
62.	0,0063. . . . .	4,90
63.	0,0063. . . . .	4,74
	Moy. . . . .	4,80

*Sur divers métaux.*

64.	Acier fondu. . . . .	7,85
65.	Acier brisé. . . . .	7,72
66.	Acier dit <i>blister</i> . . . . .	7,41
67.	Fer anglais forgé. . . . .	4,59
68.	Fer suédois ouvré. . . . .	4,30
69.	Métal dur à canon. . . . .	2,27
70.	Beau cuivre jaune. . . . .	2,03
71.	Cuivre de fonte. . . . .	1,95
72.	Étain. . . . .	0,65
73.	Plomb. . . . .	0,45

*Sur des barres tordues de diverses longueurs.*

<i>Horizontal.</i>			<i>Vertical.</i>				
Nos		Poids dans la bal.	Nos		Poids dans la bal.		
74.	0,0063	Sur 0 <sup>m</sup> 0126 de long. . . . .	3 <sup>k</sup> 26	77.	0,0063	Sur 0 <sup>m</sup> 0126 de long. . . . .	4 <sup>k</sup> 56
75.	0,0063	<i>Id.</i> 0 0192 <i>Id.</i> . . . . .	3 65	78.	0,0063	<i>Id.</i> 0 0192 <i>Id.</i> . . . . .	3 88
76.	0,0063	<i>Id.</i> 0 0254 <i>Id.</i> . . . . .	3 85	79.	0,0063	<i>Id.</i> 0 0254 <i>Id.</i> . . . . .	3 77

*Barres horizontales tordues à 0<sup>m</sup>15 de distance.*

Nos			
80.	0,0063	sur 0,15 de long. . . . .	4 <sup>k</sup> 77
81.	0,0063	<i>Idem Idem</i> . . . . .	4 18
82.	0,0063	<i>Idem Idem</i> . . . . .	4 27



*Barres tordues de 0,0126 de mètre carré fondues horizontalement.*

Nos		Kilogr.
83.	0,0126 près du point de torsion. . . . .	156,76 fin de la barre dure.
84.	0,0126 <i>Idem.</i> . . . . .	109,71 milieu de la barre.
85.	0,0126 à 0 <sup>m</sup> 25 du point de torsion, le levier au milieu. . . . .	16,65

*Sur des barres tordues de différents métaux.*

Ces épreuves ont été faites tout près du point de torsion, et les poids restèrent entassés dans la balance jusqu'au moment où les matières furent entièrement tordues.

Nos	Poids dans la bal.	Nos	Poids dans la bal.
86.	Acier fondu. . . . . 8,86	91.	Métal dur à canon. . . . . 2 <sup>k</sup> 26
87.	Acier brisé. . . . . 7 73	92.	Beau cuivre jaune. . . . . 2 12
88.	Acier dit <i>bliaster</i> . . . . . 7 56	93.	Cuivre. . . . . 1 95
89.	Fer anglais n° 1. . . . . 4 59	94.	Étain. . . . . 0 65
90.	Fer suédois. . . . . 4 30	95.	Plomb. . . . . 0 45

*Remarques.*

La force des barres verticales prédomine encore ici.

Le rapport de deux barres prises ensemble, et comparées avec des barres coulées verticalement de 0.0126, donne le même rapport que pour les cubes.

Dans la fonte coulée horizontalement de diverses longueurs, la balance est en faveur des longueurs augmentées; mais dans la fonte coulée verticalement, c'est tout le contraire. Il n'y a pas de raison apparente dans l'un ou l'autre de ces cas. Dans la fonte coulée horizontalement, à 15 centimètres du point de torsion, il y a une augmentation visible, mais non pas si grande que quand on fait l'expérience au point même de la torsion.

*4 juin 1817. Diverses expériences sur l'écrasement des matières en cubes de 0<sup>m</sup>0254 de côté.*

Nos	Kilogr.
96.	Orme. . . . . 582
97.	Pin américain. . . . . 727,5
98.	Bois blanc. . . . . 873
99.	Chêne anglais, au moyen de deux épreuves. . . . . 1749
100.	<i>Idem</i> de 0 <sup>m</sup> 126 de long, écrasé par. . . . . 1165
101.	Chêne anglais de 0 <sup>m</sup> 10 de long, écrasé par. . . . . 2332
102.	Prisme de pierre de Portland de 0 <sup>m</sup> 05 de long, écrasé par. . . . . 365
103.	<i>Idem</i> marbre statuaire, par. . . . . 1457
104.	Craig Leith, par. . . . . 3936

Les expériences sur le bois sont bien au-dessous de celles des autres auteurs, et il paraît singulier que les essais de 0<sup>m</sup>10 de se trouvent plus forts que d'autres de moindre longueur. Selon Rondelet, pour écraser un cube de chêne de 0<sup>m</sup>025 de côté, il faut de 25 à 30 quintaux, et pour un cube de sapin de même dimension, 30 à 35 quintaux.

Dans le premier essai, les pièces étaient comprimées à un tiers de leur longueur; dans le dernier essai à la moitié (Rondelet, *Art de bâtir*, tome 1, p. 67). M. Rennie n'a pas parlé de la diminution de longueur.

Dans les expériences suivantes, faites sur les pierres, la pression était communiquée par une sorte de pyramide dont la base reposait sur un cuir, et celui-ci sur la pierre<sup>1</sup>; le levier pressait sur la pointe de la pyramide. Le cube avait 0<sup>m</sup>038 de côté.

N <sup>os</sup>	Pesanteur spécifique. kilogr.
105. Chaux, par. . . . .	510,5
106. Brique d'une couleur rouge pâle, par. . . . .	2,005 573
107. Pierre du Gloucestershire . . . . .	656
108. Brique rouge au moyen de deux épreuves. . . . .	2,168 823
109. Brique cuite pâle, pavé de forge éprouvé par trois fois. . . . .	1021
110. <i>Idem</i> brûlée, deux épreuves. . . . .	1469
111. Brique à feu dite <i>stour-bridge</i> . . . . .	1750
112. Grès de Derby, pierre rouge sablonneuse et facile à réduire en poudre. . . . .	2,316 3203
113. <i>Idem</i> d'une autre carrière . . . . .	2,428 4435,5
114. Pierre blanche de taille de Killaly, non stratifiée. . . . .	2,423 4650
115. Portland. . . . .	2,428 4659
116. Pierre de taille blanche de Craig Leith. . . . .	2,452 5593

5, 6 et 7 du mois de juin 1817.

117. Pavé du comté d'York, dans le sens de la couche. . . . .	2,507 5821
118. <i>Idem</i> <i>Idem</i> de champ. . . . .	2,507 5824
119. Marbre blanc statuaire sans veine. . . . .	2,760 6175
120. Pierre de sable de Bramleyfall, près Leeds, selon la couche. . . . .	2,506 6175
121. <i>Idem</i> dans le sens inverse. . . . .	2,506 6175
122. Granit de Cornouailles. . . . .	2,562 6479
123. Pierre de sable Dundée ou Brescia, deux espèces. . . . .	2,530 6758
124. Cube de 0 <sup>m</sup> 05 de côté de Portland. . . . .	2,423 6758
125. Craig Leith sur couche. . . . .	2,452 7049
126. Marbre rouge du Devonshire tacheté. . . . .	7570,5
127. Pierre à chaux. . . . .	2,584 7861
128. Granit de Petershead à grains serrés et compactes. . . . .	8442
129. Pierre à chaux compacte de Limerick. . . . .	2,598 9026
130. Pierre de Purbeck. . . . .	2,599 9336
131. Marbre noir de Brabant. . . . .	2,697 9396
132. Pierre de taille très dure. . . . .	2,528 9628
133. Marbre blanc veiné d'Italie. . . . .	2,726 9868
134. Granit bleu d'Aberdeen. . . . .	2,625 11125

IV. B. Les pesanteurs spécifiques ont été prises avec une balance très juste, faite par Creighton de Glasgow.

*Remarques.*

En observant ces résultats, on verra qu'on ne peut s'en rapporter d'une manière absolue à la pesanteur spécifique des pierres, pour apprécier leur résistance à l'écrasement, quoiqu'il soit hors de doute que cette dernière

<sup>1</sup> Il aurait certainement mieux valu placer une substance dure et âpre sur la pierre, afin d'avoir une pression plus égale.

augmente avec la pesanteur spécifique. Mais il paraît qu'il existe dans ce cas quelque loi indéfinie dans la connexion des corps, qui n'a que peu de rapport avec la pesanteur spécifique. Ainsi, le marbre statuaire dont la pesanteur spécifique est supérieure à celle du granit d'Aberdeen n'a guère que la moitié de sa résistance à l'écrasement. D'un autre côté, la dureté n'est pas toujours une preuve de force, puisque les pierres à chaux qui s'entament facilement offrent cependant une résistance à l'écrasement qui approche beaucoup de celle du granit lui-même.

C'est un fait curieux, dans la rupture des pierres amorphes, qu'elles forment des pyramides ayant pour base le côté supérieur du cône, près du levier dont l'action déplace ses côtés, et tout à fait de la même manière que si un coin les eût séparés. J'en ai conservé un grand nombre d'échantillons dont les côtés, s'ils étaient prolongés, pourraient couper les cubes dans la direction de leurs diagonales.

*Expériences faites sur la force transversale des barres fondues, dont les bouts sont libres.*

8 juin 1817 r.

Nos		Poids des barres. Res supp.		Distances des supp.	
		Kilogr.	Mètres.	Kilogr.	Mètres.
135.	Barre de 25 millimètres carrés. . . . .	5,65	0,91	406,3	
136.	Barre de 25 millimètres carrés. . . . .	4,30	0,80	492	
137.	Moitié de la barre ci-dessus. . . . .		0,40	1051	
138.	Barre de 25 millimètres carrés par la diagonale. . . . .	1,13	0,80	385,5	
139.	Moitié de la barre ci-dessus. . . . .		0,30	718,9	

Une barre de fer fondu, d'une fonderie de Galles, qui ne céda pas aisément à la lime, fut mise sur les supports à une distance précise de 0<sup>m</sup>91; la barre avait 25 millimètres carrés, et en mettant 139,5 kilogr. dans une balance suspendue à la moitié de sa longueur, on trouva que la flexion était de 0<sup>m</sup>0048, son élasticité étant 1,946,661,5 mètres. L'expérience fut faite par M. R. Ebbels, à Garnons, pres Hereford. Une barre de fer fondu, de 225 millimètres d'épaisseur, ressemblant par sa forme à la lettre I, fut mise sur des supports à 8<sup>m</sup>61 de distance, d'abord sur son tranchant, et la flexion résultante de son propre poids fut de 0<sup>m</sup>0019. On la mit ensuite à plat, et sa flexion fut de 0<sup>m</sup>038. Cette barre avait été fondue à la fonderie de MM. Dowson, à Edgward-Road. Le fer céda aisément à la lime: l'élasticité, selon cette expérience, fut

Sur le plat. . . . . 2,312,415 mètres  
 Sur le tranchant. . . . . 2,584,464 mètres.

Comme la flexion était très petite quand la barre était sur son tranchant, elle ne fut peut-être pas mesurée avec le degré d'exactitude nécessaire, attendu qu'une très petite erreur peut causer de la différence dans le résultat. La petite table suivante contient la valeur du module du fer fondu, selon les expériences ci-dessus mentionnées :

Hauteur du module en mètres.	Auteurs des expériences.
Fonte de fer (gallois). . . . .	1,946,661,5 Ebbels.
Fonte de fer. . . . .	1,066,781 Banks.
Fonte de fer gris français. . . . .	1,553,074 Rondelet.
Fonte de fer doux <i>dito</i> . . . . .	1,294,462 Rondelet.
Fonte de fer. . . . .	1,747,329 l'Auteur.

140.	{	Barre de 5 centimètres de hauteur sur 12 millimètres d'épaisseur. . . . .	4,22	0,80	989,8
141.	{	Moitié de la barre ci-dessus. . . . .		0,40	204,2
142.	{	Barre de 75 millimètres de largeur, sur 12 millimètres d'épaisseur. . . . .	4,50	0,80	1625,4
143.	{	Moitié de la barre ci-dessus. . . . .		0,40	3104,9
144.		Barre de 10 centimètres sur 6 millimètres d'épaisseur. . . . .	4,27	0,80	1802,5
145.		Triangles équilatéraux avec le sommet en haut et en bas. . . . .			
146.		Coupant ou sommet en haut. . . . .	4,38	0,80	651
147.		<i>Idem</i> sommet en bas. . . . .	4,27	0,80	380,5
148.	{	Moitié de la première barre. . . . .		0,40	1385,7
149.	{	Moitié de la deuxième barre. . . . .		0,40	750,2
150.		Une barre de fer fondue en biseau, dont les dimensions étaient. . . . .			
151.	{	5 centim. d'épaisseur sur 76 millim. de larg. (le tranch. en haut). . . . .	4,53	0,80	1406,6
152.	{	Moitié de la même. . . . .			

*IV. B.* Toutes ces barres avaient la même surface, quoique de formes diverses.

*Expériences faites sur une barre de 10 centimètres de largeur, sur 6 millimètres d'épaisseur, en lui donnant diverses formes, la distance des supports de 0<sup>m</sup>80 comme auparavant.*

N <sup>os</sup>	Kilogr.	
153.	Barre for mée en demi-ellipse, pesant 3,17 kilogrammes. . . . .	1812
154.	<i>Idem</i> parabolique sur son tranchant inférieur. . . . .	1667
	<i>Idem</i> de 10 centimètres de largeur, sur 12 millimètres d'épaisseur. . . . .	1802,5

*Expériences sur la partie transversale des barres, en attachant un bout, le poids étant suspendu à l'autre à 0<sup>m</sup>80 du support.*

N <sup>os</sup>	Kilogr.	
155.	Une barre de 25 millimètres carrés donnait. . . . .	127,8
156.	Une barre de 5 centimètres de largeur, sur 12 millimètres d'épaisseur. . . . .	162
157.	Une barre de 25 millimètres, dont les bouts étaient attachés. . . . .	524,4

L'expérience paradoxale d'Emerson fut vérifiée ; il dit qu'en coupant une portion d'un triangle équilatéral (Voyez Mécanique d'Emerson, page 114), la barre devient plus forte qu'auparavant, c'est-à-dire qu'une partie devient plus forte que le tout. Les bouts étaient libres à 0<sup>m</sup>80 de leur séparation comme auparavant. Le tranchant dont une partie fut enlevée était en bas ; le poids fut appliqué sur la base supérieure ; elle brisa par 511,5 kilog., et dans le cas contraire, elle n'avait supporté que 380,5 kilog.

Banks rapporte que les barres de fonte, en les plaçant sur des supports à 0<sup>m</sup>91 de distance, et les bouts libres, supportent 395,4 kilog. Or, toutes mes barres étaient de même espèce, et la différence fut de 15 kilog.

J'adoptai une distance de 0<sup>m</sup>80, comme étant plus convenable pour mon appareil. La force des différentes barres, dans tous les cas semblables, est très près de ce qui est établi par la théorie, savoir, que les valeurs comparatives sont comme les largeurs multipliées par les carrés des hauteurs. Les moitiés de barre furent essayées seulement pour conserver l'analogie. La barre de 10 centimètres d'épaisseur reste cependant au-dessous de la théorie de 165 kilog. Il est donc évident qu'on ne peut étendre beaucoup plus loin l'application de ce principe, la théorie n'étant pas non plus tout à fait conforme à la pratique dans le cas du triangle équilatéral brisé par 110 kilog.

La position diagonale de la barre carrée est alors pire que celle sur son côté, ce qui est contraire à bien des assertions.

La même quantité de métal dans la barre obtuse n'avait pas la même force que dans la barre de 10 centimètres.

La barre semi-elliptique surpassait la force de la barre de 10 centimètres, quoique prise dans cette même barre. La branche parabolique en approchait.

La barre liée aux deux bouts céda, à ce que je suppose, quoique les bouts fussent attachés par des crampons en fer. On pourrait renouveler les expériences d'Emerson sur des solides de différentes formes ; mais le temps et la peine que ces expériences ont déjà coûtés, m'ont forcé à suspendre ces recherches, au moins pour le moment. Si cependant, faute de mieux, celles-ci méritent l'indulgence de la Société royale, je trouverai, dans l'attention dont elle voudra bien m'honorer, non seulement un encouragement, une récompense, mais encore un motif bien puissant de continuer mes recherches qui, même dans l'état avancé de nos connaissances, peuvent encore être de quelque utilité.

La science de la construction est encore dans l'enfance, et laisse beaucoup à désirer, surtout dans la partie qui nous occupe. Il paraît que les premières épreuves sur la force des matériaux furent faites devant la Société royale, et l'on ne peut douter qu'on n'accorde un accueil favorable à tous les autres essais qui tendraient à jeter une plus grande lumière sur une des branches les plus importantes de l'éducation de l'ingénieur et de l'architecte, qui dans leurs opérations doivent avoir pour guide des principes certains et une connaissance approfondie des propriétés particulières de chacun des matériaux, qu'ils ont à employer.

## MACHINES HYDRAULIQUES.

On donne cette dénomination à toutes les machines qui sont mises en mouvement par la force de l'eau ; aussi, à l'article *Moulins à eau*, avons-nous déjà passé en revue la branche la plus étendue de ces sortes de machines. Celles qui vont actuellement fixer notre attention sont d'un genre qui empêche qu'on ait pu convenablement les ranger dans la première catégorie ; et cependant elles sont trop importantes pour qu'on puisse les passer entièrement sous silence.

1. De toutes les machines hydrauliques qui ont été inventées par les anciens, quoique la vis d'Archimède soit la plus curieuse, cependant le *tympanum* est celle qui élève la plus grande quantité d'eau à la fois.

Cette machine consiste en une grande roue creuse composée de diverses planches jointes ensemble et bien calfatées et goudronnées ; elle forme, comme le porte son nom, une espèce de baril ou de tambour et a un axe horizontal sur lequel elle tourne. L'intérieur est divisé par huit compartiments en autant d'espaces égaux ou de cellules, qui ont chacun un orifice d'environ 15 centimètres au bord du tambour ou de la roue, et sont construits de manière à faciliter l'admission de l'eau. Il y a en outre huit canaux creux rapprochés l'un de l'autre, et parallèles à l'axe de la roue, correspondant chacun à une des huit larges cellules par lesquelles passe l'eau : après s'être écoulée le long des

canaux, à une distance convenable, l'eau s'échappe et tombe dans un réservoir placé précisément au-dessous de l'axe de la roue. De cette manière on peut élever l'eau à une hauteur égale au rayon de la roue creuse. Lorsqu'on emploie le tympanum à élever l'eau d'un courant, on le fait mouvoir au moyen de planches flottantes poussées par le courant; mais quand il sert à élever de l'eau stagnante, il reçoit son mouvement d'une roue à pied, placée sur le même plan, telle que nous l'avons décrite à l'article *Moulins à pied*, et que des hommes font tourner, en marchant dans l'intérieur. Le principal défaut de cette machine, c'est qu'elle élève l'eau dans la position la plus désavantageuse, car le poids se trouvant toujours vers l'extrémité d'un rayon de la roue, le bras du levier effectif qui y correspond augmente dans tout le trajet que décrit l'eau en passant du bas de la roue à la hauteur de son centre; en sorte que la puissance doit agir comme si elle était appliquée au manche d'un vindas, et ne peut par conséquent avoir d'uniformité dans son action.

2. M. de Lafaye, pour remédier à ce défaut, a inventé une machine que nous allons décrire en indiquant les principes qui ont servi à sa construction.

En développant la circonférence d'un cercle, on décrit une courbe dont les rayons sont autant de tangentes du cercle, et sont respectivement perpendiculaires aux différents points de la courbe décrite; celle-ci a pour plus grand rayon, une ligne égale à la circonférence du cercle développé. Cette vérité se démontre en géométrie en traitant de la génération des courbes enveloppées et développées.

Si donc nous supposons un axe dont la circonférence excède un peu la hauteur à laquelle on se propose d'élever l'eau, si l'on développe la circonférence de l'axe, et que l'on pratique un canal courbe dont la courbure coïncide exactement avec le développement ainsi obtenu; enfin, si l'extrémité la plus éloignée de ce canal est pratiquée de manière à recevoir l'eau que l'on doit élever, et que l'autre extrémité aboutisse à l'axe de la roue, il est évident que, dans le cours du mouvement, l'eau s'élèvera suivant une direction verticale tangente à la circonférence de l'axe et perpendiculaire au canal, dans quelque position qu'elle puisse être. Ainsi l'action du poids répondant toujours à l'extrémité d'un rayon horizontal, sera comme si elle avait lieu sur le bras invariable d'un levier, et la puissance qui élèvera le poids restera toujours la même. Si le rayon de la roue à laquelle ce canal creux sert de chemin est égal à la hauteur à laquelle l'eau doit être élevée, c'est-à-dire, à la circonférence de l'axe horizontal, la puissance sera au poids de l'eau dans le rapport du rayon d'un cercle à sa circonférence, ou à peu près comme 1 est à 6 et demi.

Dans ce genre de construction, le poids qui doit être levé offre toujours la même résistance et la moindre possible; parce que la puissance est appliquée de la manière la plus avantageuse que puissent admettre les circonstances.

De plus, cette machine élève l'eau par le plus court chemin, savoir: la ligne perpendiculaire ou verticale; elle est à cet égard préférable à la vis d'Archimède par laquelle l'eau s'élève le long d'un plan incliné: en outre chaque canal courbe vide à chaque révolution toute l'eau qu'il reçoit; tandis que la vis d'Archimède ne délivre qu'une petite portion du fluide dont elle est chargée; qu'elle est souvent chargée de vingt fois autant d'eau qu'elle en décharge dans une seule révolution, et qu'ainsi elle exige une augmentation énorme de travail quand il s'agit d'en élever une grande quantité.

La nature et les avantages de cette roue prouvent d'une manière très évidente combien les spéculations des géomètres sont loin d'être inutiles, comme les gens qui ne sont que praticiens veulent souvent le prétendre.

3. Cette roue que nous venons de décrire serait, à notre avis, la plus parfaite dont on se soit jamais servi, si elle n'avait pas le désavantage qui résulte de la nature du *tympanum*, qui ne peut élever l'eau qu'à la hauteur de son demi-diamètre. Comme il est souvent nécessaire d'élever l'eau plus haut que le diamètre d'une roue quelconque, nous allons décrire une machine appelée la NORIA, très commune en Espagne, et qui élève l'eau à une hauteur égale à la longueur de son diamètre.

La *noria* consiste dans une roue verticale, de six mètres de diamètre, sur la circonférence de laquelle est fixé un certain nombre de petites boîtes ou caisses carrées destinées à tirer l'eau d'un puits qui communique par le bas avec un canal, et à la verser dans un réservoir placé au dessus de la roue.

L'axe de cette roue est garni de quatre petites branches qui se coupent à angle droit, diminuent en s'approchant de leurs extrémités, et forment huit petits bras. La roue est placée près du centre d'un manège, et contiguë à un axe vertical dans le haut duquel est fixé le brancard d'un cheval destiné à donner le mouvement au système. Près du sol, l'axe vertical est garni de quatre petites branches formant huit bras ou fuseaux semblables à ceux dont est garni l'axe de la roue à eau. A mesure que le cheval tourne, les fuseaux de l'axe vertical, tenant lieu de dents, rencontrent la roue d'eau et lui communiquent le mouvement de rotation.

Cette machine, qui est peu coûteuse, jette une grande quantité d'eau ; elle a cependant deux défauts bien évidents : le premier, c'est qu'une partie de l'eau s'échappe des baquets et retombe dans le puits au moment où elle se trouve élevée presque au niveau du réservoir ; le second défaut consiste en ce qu'une portion considérable de l'eau que l'on doit décharger est élevée plus haut que le réservoir, et n'y retombe qu'au moment où le baquet est au point le plus élevé du cercle et prêt à descendre. Ces inconvénients sont tous les deux évités au moyen d'une invention que nous allons faire connaître dans le paragraphe suivant.

4. La *roue Persane* est un nom donné à une machine pour élever de l'eau, qui peut être mise en mouvement au moyen d'un courant d'eau A B agissant sur la roue C D E, selon l'ordre de ces lettres (*fig.* 210).

Les baquets *a, a, a, etc.*, au lieu d'être attachés d'une manière invariable, sont suspendus à la roue par de fortes chevilles *b, b, b, b, etc.* fixés sur le côté de son bord. La roue doit avoir la hauteur à laquelle on est dans l'intention d'élever l'eau au-dessus du niveau du courant dans lequel elle est placée. A mesure que la roue tourne, les baquets descendent à droite dans l'eau où ils se remplissent, et retournent à gauche, jusqu'à ce que, parvenant au point d'élévation K, ils frappent contre l'extrémité *n* de l'auge fixe M, par laquelle ils sont renversés, et se vident de cette manière dans l'auge d'où l'eau est conduite par des tuyaux à l'endroit de sa destination. A mesure que chaque baquet passe au-dessus de l'auge, il retombe dans une position perpendiculaire et redescend vide, jusqu'à ce qu'il parvienne au point A du courant, où il se remplit d'eau comme auparavant. Sur chaque baquet est un ressort *z*, qui en passant au-dessus du haut de la barre *m* fixée sur l'auge M, soulève

le fond du baquet au-dessus de son ouverture et le force à se vider dans l'auge.

Afin de déterminer le rapport de la puissance au poids, pour que cette roue puisse avoir son plus grand effet, on pourra se servir des moyens d'approximation suivants : après avoir déterminé le diamètre de la roue qui peut être un peu plus grand que la hauteur à laquelle l'eau doit être élevée, on fixera sur la roue un nombre de baquets qui devront être suspendus à des distances égales autour de la circonférence de la roue, de manière que leurs centres de mouvement se trouvent dans des positions correspondantes dans chaque quart de cercle. Supposez alors des lignes verticales tirées par le centre du mouvement de chaque baquet dans la partie élevée de la roue ; elles couvriront son diamètre horizontal dans des points auxquels les baquets offriraient la même résistance à la force mouvante, qu'ils le font étant suspendus à leurs places respectives sur le bord de la roue. Ainsi, en supposant que le nombre des baquets placés à égale distance l'un de l'autre, soit de 18, pendant que huit de ces baquets seront suspendus sur un côté du diamètre vertical de la roue, huit autres le seront également de l'autre côté et deux coïncideront avec ce diamètre. Dans ce cas, la résistance provenant de tous les baquets pleins, sera la même que si un seul baquet était suspendu sur la prolongation du diamètre horizontal à la distance de  $2 \sin 20^\circ \times 2 \sin. 40^\circ \times 2 \sin. 60^\circ \times 2 \sin. 80^\circ$  qui sont les sinus du rayon commun de la roue.

Pour connaître la quantité d'eau que chaque baquet contiendra, prenez 4 de la force absolue du courant, c'est-à-dire quatre neuvièmes du poids du prisme de l'eau, dont la base est la surface d'une des palettes, et dont la hauteur est celle de laquelle l'eau doit tomber pour donner cette force au courant; vous aurez la puissance qui serait en équilibre avec le poids de l'eau contenue dans les baquets du demi-cercle en élévation. Dites alors : la somme des sinus ci-dessus mentionnée est au rayon, comme la puissance que l'on vient de déterminer est au quatrième terme, dont la moitié sera le poids de l'eau qui doit être contenue dans un baquet. Enfin, comme la vitesse de la roue sera à celle du courant presque comme 1 est à  $\frac{2}{3}$ , la quantité de révolutions qu'elle fait en un temps déterminé devient connue ; on arrivera ainsi à déterminer la quantité d'eau qu'élèvera, dans un temps donné, la roue, puisque l'on connaît en outre la capacité de chaque baquet et le nombre qui s'en vide à chaque tour de roue.

5. Une autre machine à élever l'eau, semblable à la pompe à chaîne qui est décrite dans une autre partie de cet ouvrage, est une corde sans fin avec des coussins rembourrés attachés à cette corde qui, au moyen de deux roues ou tambours, sont forcés de s'élever dans un conduit vertical ou légèrement incliné, et entraînent l'eau avec eux. La ressemblance de cet appareil avec des grains enfilés lui a fait donner le nom de chapelet. Mais dans cette machine, comme dans la pompe à chaîne, la force du frottement est une objection puissante contre sa mise en pratique.

6. On ne considère plus actuellement les jets d'eau ou les fontaines comme contribuant à la beauté pittoresque, et on ne les regarde pas non plus comme pouvant procurer de grands avantages, excepté dans les climats chauds; c'est là la raison pour laquelle nous n'en avons décrit aucun dans cet ouvrage. Mais dans la fontaine d'Hiéron de Syracuse, on a introduit un principe que l'on a



trouvé d'une très grande utilité pour des opérations plus importantes : la surface de l'eau s'y trouve au-dessous de l'orifice et la pression y est communiquée au moyen d'une colonne d'air. Voici la construction de cette fontaine. Elle consiste en deux vases  $KlmN$  (fig. 212) et  $OPQR$ , qui sont clos de tous côtés. Un tube  $AB$ , ayant un entonnoir en haut, passe au travers du vase supérieur sans communiquer avec lui, étant soudé par le haut et par le bas. Il passe aussi par le haut du vase inférieur, où il est également soudé, et il atteint presque jusqu'au fond. Ce tube est ouvert aux deux bouts. Il y a un second tube, qui, ainsi que le premier, sert en outre à supporter le réservoir supérieur. Un troisième tube  $GF$ , soudé dans le haut du réservoir supérieur, plonge presque jusqu'au fond. Ce tube est ouvert aux deux bouts, mais l'orifice  $G$  en est très petit. Pour comprendre le jeu de cet appareil, supposons que le réservoir supérieur soit rempli d'eau jusqu'à la hauteur  $EN$ ,  $Ee$  marquant sa surface un peu au-dessous de  $T$ . Bouchez l'orifice  $G$  avec le doigt, et versez-y de l'eau par le tube  $A$ ; elle descendra par  $AB$ , et comprimera l'air qui est dans le réservoir en  $OPQR$ . Supposons maintenant que l'eau du réservoir inférieur se soit élevée dans le réservoir jusqu'à la surface  $Ce$ , l'air, qui auparavant occupait la totalité des espaces  $OPQR$  et  $KL e E$ , sera alors contenu dans les espaces  $PeC$  et  $KL e E$ ; et son élasticité sera en équilibre avec la pesanteur de la colonne d'eau dont la base est la surface  $Ee$ , et la hauteur  $Ac$ . Comme cette pression s'exerce sur toutes les parties de l'air, elle agira également sur la surface  $Ee$  de l'eau du réservoir supérieur; et si le tuyau  $FG$  était continué par le haut, l'eau y serait soutenue à une hauteur  $eH$  au-dessus d' $Ee$ , et égale à  $Ac$ . Donc, si l'on ôte le doigt de l'orifice  $G$ , le liquide jaillira à la même hauteur que s'il fût tombé par un tube dont la hauteur serait  $eH$ . Aussi longtemps qu'il y a de l'eau dans le vase  $KL MN$ , il y aura un écoulement par l'orifice. Ainsi le jeu de la fontaine continuera, tant que l'eau contenue dans le réservoir supérieur, après avoir jailli, retombera par le tuyau  $AB$  : la hauteur de l'eau mesurée du bassin  $VAW$ , à la surface de l'eau dans le réservoir inférieur  $OPQR$ , est toujours égale à la hauteur mesurée du haut du jet, à la surface de l'eau dans le réservoir  $KL MN$ . Ainsi, puisque la surface  $Ee$  va toujours baissant, et que l'eau dans le réservoir s'élève continuellement, la hauteur du jet décroîtra sans cesse, jusqu'à ce qu'il soit plus court que la profondeur  $KL MN$ , qui est vide, ajoutée à la profondeur  $OPQR$ , qui est toujours pleine. Le jet, à ce point, cesse immédiatement de jouer.

7. Il est une autre machine destinée à élever l'eau à une grande hauteur pour l'irrigation dans les localités qui ont l'avantage d'avoir de la pente : elle est décrite dans la Phytologie du D. Darwin; et comme elle dépend du principe de la fontaine d'Hiéron, il peut être convenable de l'insérer ici.

Fig. 211,  $ab$ , courant d'eau.

$bcc$  représente la chute d'eau, qu'on suppose être de 3 mètres.

$de$  sont deux réservoirs en fer ou en plomb contenant une certaine quantité d'eau qui peut être d'environ 18 litres par chaque réservoir.

$f, g, h, i, k, l$ , sont de petits réservoirs en plomb qui tiennent environ deux litres un quart chaque; et  $o, p$ , deux robinets dont chacun passe au travers de deux tuyaux, pour ouvrir l'un et fermer l'autre.

$qr$  est un balancier qui se meut sur son centre  $s$ , et qui tourne alternativement les deux robinets  $o$  et  $p$ .

$tu$  et  $wx$  sont deux tuyaux d'air en plomb, tous deux intérieurement de 31 millimètres de diamètre.

$y, z, y, z$  : tuyaux d'eau, l'un et l'autre de 25 millimètres de diamètre.

Le tuyau  $bcc$  est toujours rempli par le courant  $ab$  : on suppose que les petites citernes  $g, i, l$ , et la grande  $d$ , ont d'abord été remplies d'eau. On peut, en tournant le robinet  $o$ , admettre ce fluide par le tuyau  $ce$ , dans la grande citerne  $e$ . Cette eau pressera l'air resserré dans la citerne  $e$  et le poussera dans le haut du tuyau  $wx$ , chassera l'eau hors des citernes  $g, i, l$ , dans celles marquées  $h, k$  et  $C$ ; — en même temps, en ouvrant  $B$ , l'air condensé et l'eau qui se trouvaient d'abord dans la grande citerne  $d$  et dans les petites marquées  $f, h, k$ , se déchargeront au point  $B$ . Après un court espace de temps le balancier tournera les robinets et chassera l'eau en ouvrant les robinets opposés. Les citernes  $f, h, k$ , se vident à leur tour au moyen de l'air condensé de la citerne  $d$ , à mesure que l'eau entre progressivement dans celle-ci en sortant du tuyau  $bcc$ .

8. Une application très ingénieuse du même principe a été faite dans la célèbre machine hongroise de Chemnitz. La meilleure description que nous en ayons pu obtenir est celle qui suit :

Fig. 213.  $A$  représente la source d'eau élevée à 41<sup>m</sup>43 au-dessus de l'ouverture de la fosse. De celle-ci descend un tuyau  $D$  de 10 centimètres de diamètre, qui entre dans le haut d'un cylindre en cuivre  $B$  de 2<sup>m</sup>44 de haut, sur 1<sup>m</sup>53 de diamètre, et 0<sup>m</sup>05 d'épaisseur, et se prolonge en dedans jusqu'à 10 centimètres du fond; il y a un robinet au point  $I$ .

Ce cylindre a un robinet au point  $Q$  et un autre très grand au point  $N$ . Il sort de son extrémité supérieure un tuyau  $VEC$ , de 0<sup>m</sup>05 de diamètre qui descend à 29<sup>m</sup>25 dans la fosse. et s'introduit dans le haut d'un autre cylindre en cuivre  $C$ , qui a 1<sup>m</sup>97 de haut, 1<sup>m</sup>20 de diamètre et 0<sup>m</sup>05 d'épaisseur : ce dernier contient environ 232 litres, ce qui fait près de la moitié de la capacité du premier qui est de 476 litres. Il y a un autre tuyau  $FO$  de 0<sup>m</sup>10 de diamètre qui s'élève du dedans à 10 centimètres du fond de ce cylindre inférieur. Il est soudé dans le haut et s'élève jusqu'à l'auge  $Z$ , où il porte l'eau, de l'ouverture de la fosse. Ce cylindre inférieur communique par le bas avec l'eau  $O$  provenant des égouttoirs de la mine. Un grand robinet  $P$  sert à exclure ou à admettre cette eau. Un autre robinet  $M$ , adapté à la partie supérieure de ce cylindre, communique avec l'air extérieur.

Supposons maintenant que le robinet  $I$  soit fermé et tout le reste ouvert : le cylindre supérieur sera rempli d'air, et l'inférieur sera rempli d'eau, étant assez bas pour que sa partie supérieure se trouve au-dessous de la surface ordinaire des eaux de la mine. Fermez les robinets  $QNM$   $P$  et ouvrez le robinet  $I$ . L'eau de la source  $A$  coulera par l'ouverture  $J$ , et s'élèvera dans le cylindre supérieur en comprimant l'air au-dessus et le long du tuyau  $VEC$ ; agissant de même sur la surface de l'eau dans le cylindre inférieur, il la forcera de s'élever par degré dans le tuyau  $OF$ , où elle sera toujours à la hauteur nécessaire pour balancer le ressort de l'air comprimé. Supposons qu'il n'y ait pas d'issue donnée à l'air par le cylindre supérieur, l'eau se trouverait comprimée à un cinquième de son volume par une colonne de

41<sup>m</sup>43 de haut ; car une colonne d'environ 10 mètres fait équilibre à l'élasticité ordinaire de l'air. Ainsi, par une issue que donne le tuyau V E C, l'air comprimé sera chassé le long de ce tuyau et fera sortir l'eau du cylindre inférieur. Le cylindre supérieur étant plein d'eau, il y aura 95 litres d'eau, chassés du cylindre inférieur. Si le tuyau O P avait eu plus de 41<sup>m</sup>43 de longueur, l'eau se serait élevée à 41<sup>m</sup>43 et se serait trouvée en équilibre avec l'eau du tuyau alimentaire D, par l'effet du ressort de l'air ; mais il n'y aurait pas eu une plus grande quantité d'eau expulsée du cylindre inférieur que celle que contient ce tuyau. Cependant le tuyau n'étant que de 29<sup>m</sup>25 de haut, l'eau en sera expulsée avec une vitesse considérable par le point Z. Si l'eau et l'air ne rencontraient pas de grands obstacles dans leur passage au travers des tuyaux, l'eau sortirait au point Z avec une vitesse de plus de 15 mètres par seconde ; mais elle sort plus lentement. Enfin, le cylindre supérieur se trouve plein d'eau : cette eau pourrait entrer dans le tuyau V E et dans le cylindre inférieur ; et, sans déplacer l'air, elle s'élèverait par le tuyau de décharge O P et se perdrait en pure perte. Afin de prévenir cet inconvénient, il y a dans le tuyau V E une boule en liège ou un double cône suspendu à un fil de laiton qui est passé par les trous de deux traverses placées dans le tuyau. Quand le cylindre supérieur est plein d'eau, le robinet bouche l'orifice V et empêche l'eau de se perdre, et l'écoulement au point J s'arrête nécessairement.

Mais le cylindre inférieur contient de l'air comprimé qui ferait équilibre à l'eau dans un tuyau de décharge de 41<sup>m</sup>43, tandis que O P n'a que 29<sup>m</sup>25. Il en résulte que l'eau continuera à couler au point Z, jusqu'à ce qu'il ne reste de cet air que la quantité nécessaire pour faire équilibre à une colonne d'eau de 29<sup>m</sup>25, c'est-à-dire lorsqu'elle occupera la moitié de son volume ordinaire, qui est égal à un quart de la capacité du cylindre inférieur, ou à 116 litres. Ainsi, 116 litres seront chassés, et l'écoulement au point Z cessera, le cylindre inférieur se trouvant à peu près moitié plein d'eau. A cet indice, l'ouvrier chargé de ce soin ferme le robinet I ; ce qu'il aurait fait auparavant s'il avait su le moment où l'orifice V a été bouché ; mais ce retard n'occasionne aucune perte. En même temps l'ouvrier ouvre le robinet N, et l'eau sort avec une grande violence, pressée par l'air condensé du cylindre inférieur. Elle sort donc par la somme de son propre poids et de sa compression ; mais ces deux forces décroissent graduellement par l'écoulement de l'eau et par l'expansion de l'air ; et l'écoulement s'arrête avant que toute l'eau ne soit sortie ; car il y a dans le cylindre inférieur un volume de 116 litres occupé par l'air. Il reste donc environ cette quantité d'eau dans le cylindre supérieur. L'ouvrier sait cela, parce que l'eau est reçue d'abord, à sa décharge, dans un vaisseau contenant les trois quarts du cylindre supérieur. Quand ce cylindre est rempli, l'ouvrier ouvre le robinet P à l'aide d'une longue baguette qui s'étend le long du tuyau ; par là il donne à l'eau de la mine le moyen de remplir le cylindre inférieur, et à l'air celui d'entrer dans le cylindre supérieur, ce qui fait couler l'eau qui y restait. Ainsi tout se retrouve dans son premier état. Quand on ne voit plus sortir d'eau au point N, on ferme les robinets N et M, on ouvre le robinet I, et l'opération recommence.

Le travail de cette machine offre un phénomène très curieux. Quand l'écoulement au point Z a cessé, si on ouvre le robinet Q, l'eau et l'air sortent

ensemble avec une prodigieuse violence, et les gouttes d'eau se changent en grêle ou en morceaux de glace. C'est ce que l'on montre ordinairement aux étrangers, que l'on prie de tendre leurs chapeaux pour recevoir les houffées d'air : la glace sort avec une telle violence qu'elle perce souvent le chapeau avec la force d'une balle de pistolet. Cette congélation rapide est un exemple frappant de ce fait général, que l'air, par son expansion soudaine, produit le froid, par suite de l'augmentation de sa capacité à absorber le calorique.

La description détaillée de cette machine, et de la manière dont elle agit, fait voir que l'écoulement aux points Z et N devient très lent vers la fin; aussi juge-t-on convenable de ne pas attendre qu'il ait entièrement cessé, et on tourne le robinet quand il s'est écoulé environ 84 litres en Z, ce qui accélère le travail. Un homme très savant et très soigneux a cherché à se rendre compte du travail de la machine. Il a observé que chaque coup, pour me servir de son expression, demandait le temps de trois minutes et un huitième, et que 90 litres d'eau se déchargeaient au point Z, tandis que 185 s'en épanchaient au point N. Ainsi la dépense est de 185 litres d'eau tombant de la hauteur de 41<sup>m</sup>43, et la force est de 90 litres d'eau élevés à 29<sup>m</sup>25, ce qui donne un rapport à peu près de 3 à 1. Cette machine est donc supérieure dans ses effets au plus parfait des moulins à roues en dessous; et si on fait abstraction des frottements, elle n'est pas beaucoup inférieure au meilleur moulin à pompe mù par des roues à augets. En réfléchissant aux grands obstacles que rencontre l'eau dans son passage à travers de longs tuyaux, on peut être assuré qu'en doublant la dimension du tuyau alimentaire et du tuyau de décharge, l'action de la machine recevrait une grande amélioration. Nous ne craignons pas de dire qu'elle serait largement augmentée d'un tiers; il est vrai qu'elle dépenserait plus d'eau, mais ce ne serait pas, à beaucoup près, dans la même proportion, car le plus grand défaut de la machine vient de la vitesse inutile du premier écoulement au point Z. Le tuyau de décharge pourrait être de 33<sup>m</sup>42 de haut, sans donner beaucoup moins d'eau. Il faut ensuite considérer combien cette machine est moins dispendieuse que tout moulin qui élèverait 28 litres d'eau à 29<sup>m</sup>25 de hauteur dans une minute; et combien les réparations sont peu de chose, comparées à celles d'un moulin. Enfin, considérons que cette machine peut être mise en usage dans des endroits où on ne peut établir aucune espèce de moulin. Un petit courant d'eau qui ne pourrait faire mouvoir aucune espèce de roue, élèvera un tiers de sa propre masse à la même hauteur, et la vitesse de son opération sera proportionnée à la rapidité de son cours.

C'est pour ces raisons que la machine hongroise mérite, à bien des titres, l'attention des mathématiciens et des ingénieurs, et qu'ils s'occupent de la perfectionner et d'en répandre l'usage. Il est des situations où ce genre de machine peut être très avantageux : car quand la marée s'élève à 5<sup>m</sup>20, on peut s'en servir à comprimer l'air aux 7 huitièmes de son volume, en employant un tuyau provenant d'un grand vase renversé à l'effet d'élever l'eau d'un autre vaisseau ayant un huitième de la capacité à 5<sup>m</sup>20 de hauteur : si ce vase n'a qu'un dixième de la capacité du grand qui reçoit la marée, on peut en faire partir deux; l'un, pour aller rejoindre le petit vaisseau; et l'autre de même dimension et placé à 4<sup>m</sup>90 au-dessus pour recevoir l'eau du premier. Ainsi on peut élever un seizième d'eau à 10<sup>m</sup>35 de haut, et une plus petite

quantité encore plus haut, et cela avec un genre de puissance qu'on peut difficilement se procurer d'une autre manière. Des machines de ce genre sont décrites par Schottus, Sturmius Leupold, et d'autres vieux écrivains; et on ne doit pas les dédaigner, parce qu'il peut se présenter beaucoup d'occasions d'en tirer de grands services.

9. M. Jean Whitley Boswell a inventé un appareil qui, étant attaché à une machine telle que celle de Chemnitz, la rendra capable de travailler seule sans aucun secours quelconque. Je vais en donner la description au lecteur dans les termes mêmes dont M. Boswell s'est servi.

(Fig. 213.) A est le réservoir ou le niveau supérieur de l'eau.

B est une chambre d'une force de construction capable de soutenir la pression intérieure d'une colonne d'eau, ayant la hauteur de A multipliée par sa base.

C'est une chambre de la même force de construction que B, mais d'une moindre dimension; elle est placée au fond de la fosse dont l'eau doit être prise et au-dessous du niveau de l'eau. Ces chambres seraient plus solides avec les mêmes matériaux, si elles étaient d'une forme sphérique; mais on se sert ici de la forme conique dans le dessein unique de pouvoir représenter plus facilement la position respective des diverses parties dont la machine est composée.

D est un tuyau du réservoir A qui passe par le haut de B, et se termine près du fond de ce réservoir, afin de transporter l'eau de A à B.

E, tuyau allant du haut de B au haut de C, pour conduire l'air de B à C.

F, tuyau allant du fond de C, au niveau du terrain qui forme la partie supérieure de la fosse; il est destiné à en puiser l'eau.

G, tuyau qui part du fond de B et est destiné à en puiser l'eau.

H, vaisseau servant à contenir l'eau destinée à faire jouer les robinets; il n'est placé au haut de B que pour empêcher qu'il soit nécessaire de lui donner un autre point d'appui.

I, robinet ou soupape mobile, mis en œuvre par le levier, dont on voit la figure. Il est fixé sur un large tuyau D.

K, robinet d'arrêt sur le petit tuyau qui transporte l'eau de D à H. Il sert à faire agir la machine avec plus ou moins de force ou de vitesse, en introduisant plus ou moins lentement l'eau dans H; ou à l'empêcher entièrement d'agir, quand il est nécessaire,

L, robinet ou soupape mobile sur le petit tuyau L K. Le levier qui le fait agir est fortement lié à celui qui est appliqué au robinet I; il est tenu en équilibre par un poids attaché à son extrémité et qui suffit pour ouvrir ces deux robinets et pour fermer N, quand il n'en est pas empêché par un contre-poids.

N, robinet sur le tuyau G, destiné à être ouvert ou fermé suivant le besoin.

O, soupape mobile sur le tuyau F, qui permet à l'eau de s'élever, mais l'empêche de redescendre.

P, soupape qui se meut d'elle-même; adaptée au fond de G, elle permet à l'eau de passer au point C, mais l'empêche d'en sortir; elle est garnie d'une grille pour empêcher les corps étrangers d'y entrer.

R, vaisseau suspendu aux leviers de I et de L, et capable de contenir un poids suffisant pour les fermer.

S, vaisseau suspendu au levier de N s; il doit contenir assez d'eau pour ouvrir par son poids le robinet N. Il est lié par une chaîne à R, afin de le maintenir baissé aussi longtemps que N est ouvert.

T, conduit passant du fond de H près de son extrémité supérieure et redescendant vers l'ouverture de R.

V, soupape qui se meut d'elle-même; elle est d'une légèreté suffisante pour se soulever quand l'eau du point B parvient jusqu'à elle : elle est destinée à fermer le tuyau E, pour que l'eau n'y passe point de B. Un robinet rond, tel qu'on s'en sert dans les fontaines d'eau communes, serait applicable ici.

X, syphon s'élevant du fond de R à 25 millimètres de son extrémité supérieure et redescendant à l'ouverture de S.

Y, petit tuyau au fond de S : on peut y adapter un robinet d'arrêt pour régler son écoulement, qui, en s'arrêtant, fera aussi arrêter la machine.

Le genre de travail de cette machine est tel qu'il suit : Supposons que les vaisseaux V, H et R, ainsi que S, soient vides d'eau; que les robinets K et Y soient ouverts, et que le vaisseau C soit plein d'eau : le poids du levier de L ouvrira les robinets L et I; alors l'eau de A coulera dans B et H. A mesure que l'eau s'élèvera dans B, l'air sera poussé par E dans C; et pressant fortement sur l'eau de C, elle la forcera à monter par le tuyau F, jusqu'à ce que l'eau de B s'élève au niveau de V et le ferme; alors H sera rempli par l'eau, attendu que la quantité de ce fluide qui s'y introduit est réglée par le robinet K, et l'eau en sortira par le conduit T dans le vaisseau R qui, en s'emplissant, ferme les robinets I et L, et empêche l'eau d'entrer davantage aux points B et H. Quand R est rempli, l'eau coule par son conduit X qui remplit S, et par ce moyen ouvre N qui vide l'eau dans B, et maintient N ouvert jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'eau dans H.

Quand H est vide, B l'est aussi ( ce qui dépend du robinet K ); au bout d'une seconde ou deux, R et S sont également vidés; ce qui fait ouvrir les robinets I et L; et alors tout se retrouve dans l'état primitif, et l'on peut recommencer l'opération.

Pour arrêter la machine, il faut que les robinets K et Y soient fermés, tandis que S est plein d'eau. Pour la faire travailler, il faut les ouvrir, et c'est là tout le soin qu'exige cette machine. Comme il n'y a qu'un ingénieur qui puisse en construire une semblable, il eût été inutile de figurer la manière de joindre ensemble les tuyaux par des plans, coupes et élévations, ou d'entrer dans des détails sur la manière la plus convenable pour en assurer les diverses parties, attendu que ce sont là toutes choses que les personnes versées dans cette étude connaissent parfaitement.

Dans le n° 5 de la nouvelle série du journal de Nicholson, M. Boswell indique quelques autres améliorations dans l'emploi de la machine hongroise.

10. La pompe à spirale est une machine hydraulique très curieuse, qui agit presque d'après les mêmes principes que la machine hongroise. La première de ce genre, dont nous avons vu la description, a été inventée et construite par H. André Wirtz, ouvrier en étain de Zurich, pour une teinturerie à Limmat, dans le voisinage de cette ville. Elle consiste en un cylindre creux qui ressemble à une très grande pierre molaire, et tourne sur son axe hori-

zontal, étant en partie immergée dans une citerne d'eau. Son axe est creux d'un côté et communique avec un tuyau vertical. Ce cylindre ou tambour est formé dans un canal spiral par une plaque arrondie comme le grand ressort d'une montre dans sa boîte; les tours de la spirale sont seulement placés à une distance l'un de l'autre, telle qu'ils forment pour l'eau un conduit d'une largeur uniforme. Cette boîte est bien exactement fixée aux deux bouts du cylindre pour qu'il ne s'échappe pas d'eau. Le tour le plus extérieur du spiral commence à s'élargir d'environ les trois quarts de sa circonférence à partir de l'extrémité, et cet élargissement graduel continue presque pendant un demi-cercle : cette partie s'appelle *la corne*; elle s'élargit ensuite et forme une écope, pelle creuse. Le cylindre est soutenu de manière que cette écope peut, dans le cours d'une rotation, s'enfoncer de plusieurs centimètres dans l'eau. A mesure que le cylindre tourne sur son axe, l'écope s'enfonce et prend une certaine quantité d'eau avant de s'élever de nouveau. Cette quantité suffit pour remplir la corne.

Après que l'écope est sortie, l'eau passe le long de la spirale par le mouvement de l'axe et pousse l'air devant elle dans le tuyau vertical par où il s'échappe. Pendant le même temps, l'air arrive au creux de l'écope, et quand celle-ci replonge dans l'eau, elle prend de nouveau une petite partie de ce fluide. De cette manière, une partie est remplie d'eau et une partie d'air; en continuant ce mouvement, la machine, dans son tour, reçoit une nouvelle quantité d'air et d'eau. L'eau à chaque tour de spirale a ses deux extrémités de niveau, et l'air entre les colonnes successives d'eau est dans son état naturel; car puisque le passage dans le tuyau vertical ou principal est ouvert, il n'y a rien qui puisse forcer l'eau ou l'air de prendre une autre position. Mais comme les spirales diminuent graduellement dans leur longueur, il est clair que la colonne d'eau occupe progressivement une plus grande circonférence. A la fin elle remplit en entier une des spirales qui se trouvent près du centre; et quand elle a été poussée plus loin par la continuation du mouvement, une partie passe par-dessus la spirale suivante. Ainsi, elle coule sur le côté droit de la troisième spirale, et par conséquent refoule l'eau de l'une et de l'autre, et élève son autre extrémité, de sorte qu'elle recoule de la même manière en revenant en arrière, avant que la rotation suivante ne soit achevée. Enfin ce changement de disposition atteint la spirale extrême, et une petite portion d'eau coule dans la corne, dans l'écope est dans la citerne. Mais aussitôt que l'eau entre dans le tuyau vertical et s'y élève un peu, elle empêche l'air de s'échapper quand la nouvelle écope est dans l'eau. Il y a donc deux colonnes d'eau qui agissent l'une contre l'autre au moyen de la pression hydrostatique, et de l'intervention de la colonne d'air; elles compriment l'air entre elles, et les colonnes d'eau et d'air sont alors inégales; ceci amène une tendance générale à retenir la totalité de l'eau, et la maintenir plus haute sur le côté gauche, côté ascendant de chaque spirale, que sur le côté droit ou descendant. Cet excès de hauteur étant précisément celui qui produit la compression de l'air entre cette colonne et la précédente, il va en augmentant à mesure que l'eau monte dans le tuyau vertical, car l'air qui avoisine le tuyau vertical est comprimé à son extrémité intérieure par le poids de toute la colonne dans le tuyau principal, et il faut qu'il soit aussi fortement comprimé qu'à son extrémité extérieure, ce qui doit avoir lieu par la colonne d'eau qui

est en dehors. Cette colonne exerce sa pression, en partie par la raison que son extrémité extérieure est plus élevée que l'intérieure, et en partie par la transmission de la pression sur son extrémité extérieure par l'air qui est également comprimé du dehors. De cette manière, il arrive que chaque colonne d'eau, étant plus haute à son extrémité extérieure qu'à son extrémité intérieure, comprime l'air sur la colonne d'eau au-dessus ou en dedans, ce qui transmet cette pression à l'air de dessus, en y ajoutant la pression qui provient de son défaut de niveau aux extrémités. Conséquemment la plus grande compression, savoir, celle de l'air, est produite par la somme de toutes les pressions, et celles-ci sont la somme de toutes les différences entre les élévations des extrémités intérieures des colonnes d'eau au-dessous et leurs extrémités extérieures; la hauteur à laquelle l'eau s'élève en général est précisément égale à cette somme.

Supposons que les espaces gauches de chaque spirale soient remplis d'eau et que les espaces droits soient remplis d'air, comme il a été démontré à l'égard d'une spirale, fig. 214, il y aura un certain degré de compression qui maintiendra les choses dans cette position; car les espaces décroissent évidemment en progression arithmétique, de même que les hauteurs et les pressions hydrostatiques: donc si l'air est dense dans la même progression, tout se maintiendra dans un équilibre hydrostatique, ce qui peut être incontestablement produit par le simple mouvement de la machine. Et en effet, puisque la densité et la compression de chaque colonne d'air sont supposées en raison inverse de sa hauteur, la quantité d'air est la même partout; ainsi la colonne d'air entrera par degré, et la compression croissante lui fera occuper précisément tout le côté droit de chaque spirale. La colonne d'eau diminuera alors graduellement, en s'écoulant en arrière et par le haut, de spirale en spirale, et sortira enfin par l'écope. Puisque la hauteur hydrostatique de chaque colonne d'eau est actuellement le plus grande possible, savoir, le diamètre de la spirale, il est évident que cette disposition de l'air et de l'eau élèvera l'eau à sa plus grande hauteur. On peut obtenir cette disposition de la manière suivante: supposons que C B soit un rayon vertical de la roue; C étant le centre, et B le point le plus élevé (on peut aisément tracer cette figure), sur C B, prenez C L qui soit à B C comme la densité de l'air extérieur est à sa densité dans la dernière colonne, près du tuyau vertical ou principal; c'est-à-dire, faites C L à C B comme  $10^{35}$  (hauteur de la colonne d'eau qui balance la pression de l'atmosphère) sont à  $10^{35}$ , hauteur du tuyau vertical; divisez ensuite B L en un nombre de contours tel que la somme de leurs diamètres égaux entre eux soit égale à la hauteur du tuyau principal; enfin conduisez un tuyau de L au centre C. Telle est la construction de la pompe spirale qui a été inventée dans son principe par Wirtz; ce qui prouve certainement une très grande connaissance en mécanisme et une sagacité peu commune.

Mais quand la hauteur principale est très considérable, cette construction exige ou un tambour d'un diamètre énorme, ou plusieurs contours d'un tuyau très étroit; dans ces cas, il vaudra mieux faire la spirale en forme de tire-bouchon que plate, comme un ressort de montre. Le tuyau qui forme la spirale peut être placé autour d'un cône tronqué, dont le plus grand diamètre est au petit (qui est près du tuyau vertical) dans le rapport qu'on vient d'assigner de C B et à C L. Au moyen de cette construction, l'eau aura, à chaque

11 P 11



tour, ses deux surfaces supérieure et intérieure tangentes au haut et au bas de la spirale, et les colonnes d'eau occuperont tout le côté ascendant de la machine, tandis que l'air occupera le côté descendant. Cette forme est bien préférable à la forme plate, en ce qu'elle procure la facilité d'employer plusieurs tours d'un grand tuyau, et produit, par conséquent, une grande élévation d'une quantité d'eau considérable. On parviendra encore mieux au même but en disposant le tuyau sur un cylindre, et le faisant diminuer par degrés jusqu'au bout, de manière que le contenu de chaque spirale soit le même que quand elle est enveloppée autour d'un cône; par ce moyen, on élèvera l'eau à une plus grande hauteur, et cependant avec une augmentation de force impulsive avec le même nombre de spirales, par la raison que la hauteur verticale de chaque colonne est plus grande.

Dans la description précédente, nous avons choisi pour exemple la construction qui nous a paru la plus propre à faire connaître les principes d'après lesquels cette machine est construite, ainsi que sa manière d'opérer; mais cette construction n'est pas la meilleure.

Nous voyons qu'afin d'élever l'eau à la hauteur de 10<sup>m</sup>35, l'air, dans la dernière spirale, est comprimé à la moitié de son espace, et que la quantité d'eau qui est versée dans la principale à chaque tour n'est que la moitié de ce qu'avait reçu la première spirale; de sorte que le reste coule en arrière, de spirale en spirale, et se décharge par le robinet.

Mais on peut rendre cette construction telle que la quantité d'eau de chaque spirale soit la même que celle qui aura été reçue dans la première; par ce moyen une quantité plus grande et même double de l'exemple donné, arrivera à la spirale principale et s'élèvera à la même hauteur, presque par la même force. On parviendra à ce résultat par une proportion différente dans la capacité des spirales, en changeant leur calibre ou les diamètres du corps sur lequel elles sont établies. Supposons que le calibre soit partout uniforme, il faut que le diamètre varie de manière que la colonne d'eau constante, et la colonne d'air comprimée au degré convenable, puissent occuper toute la circonférence. Soit A. la colonne d'eau qui balance la pression, et H la hauteur à laquelle l'eau doit être élevée. Que A soit à A plus H, comme 1 est à M, il est clair que M représentera la densité de l'air dans la dernière spirale, si la densité naturelle est 1; par la raison qu'elle est pressée par A. Supposons encore que 1 représente la colonne d'eau, et que, par conséquent, elle soit presque égale à la colonne d'air, dans la première spirale: alors toute la circonférence de la dernière spirale devra être  $1 + \frac{1}{m}$ . afin de contenir l'eau 1, et de comprimer l'air dans l'espace  $\frac{1}{m}$  ou  $\frac{A}{A+H}$ . La circonférence de la première spirale est de  $1 + 1 = 2$ : et si D et d sont les diamètres des première et dernière spirales, nous aurons  $2 : 1 + \frac{1}{m} :: D : d$  ou  $2m : m + 1 :: D : d$ . Si donc un tuyau d'une dimension uniforme est développé autour d'un cône tronqué dont D et d sont les diamètres, les spirales seront presque telles qu'il les faut pour atteindre le but qu'on se propose. L'exactitude ne sera pas parfaite, par la raison que les spirales intermédiaires seront plutôt trop grandes qu'autrement. Le cône tronqué devrait à la rigueur être formé par la révolution d'une courbe logarithmique. Avec une telle spirale, la totalité de l'eau qui était contenue dans la première trouvera de l'espace dans la dernière, et sera envoyée dans la principale par chaque révolution. Ceci est

d'un très grand avantage, surtout si l'eau doit être élevée à une grande hauteur; l'épargne dans la puissance est toujours, dans ce changement de construction, proportionnée à la plus grande compression de l'air.

La principale difficulté, dans chacune de ces formes, est de déterminer la figure et la position de la corne et de l'écope. Or, c'est cependant de ce point que dépend principalement le succès de la machine. Les instructions suivantes faciliteront beaucoup l'exécution sous ces rapports. Soit  $A B E O$  (fig. 214), la première spirale ou spirale extérieure dont l'axe est  $C$ . Supposons que la machine soit plongée dans l'eau jusqu'à l'axe, et que la surface de cette eau soit  $V V$ . On a vu qu'il est très avantageux que les surfaces  $K B$  et  $O n$  des colonnes d'eau soient distantes l'une de l'autre de tout le diamètre  $B O$  de la spirale. Admettons en conséquence que le tuyau soit d'un calibre égal jusqu'à l'ouverture  $E e$  que nous supposons être sur le point de plonger dans l'eau: la surface  $O n y$  est tenue en opposition à la pression de la colonne d'eau  $B A O$ , par l'air comprimé contenu dans le quadrant  $O E$ , et dans celui qui est placé derrière  $E B$ ; et cette compression est supportée par les colonnes qui sont derrière, entre cette spirale et le tuyau vertical. Mais l'air, dans le quadrant extérieur  $E B$  est dans son état naturel, à cause de sa communication momentanée avec l'air extérieur. Si cependant l'ouverture  $E e$  a fait le tour de  $A$ , elle n'aura pas plus la même quantité d'eau qu'elle l'avait en quittant le demi-espace  $B E O$  rempli d'air comprimé; car elle a pris et resserré seulement ce qui remplissait le quadrant  $BE$ : il est donc clair que le quadrant  $BE$  doit être formé de manière à contenir une quantité d'air bien plus considérable, de sorte qu'arrivé au point  $A$ , l'espace  $B E O$  puisse contenir une quantité suffisante d'air dense pour supporter la colonne  $A O$ . Mais cela ne suffit pas; car lorsque la large ouverture, qui est maintenant en  $A$ , se portera vers le haut, la surface de l'eau s'élèvera aussi à la même hauteur, par la raison que la partie  $A O O A$  est plus large que la partie du calibre uniforme  $O E E O$  qui la remplace et qui ne peut retenir toute l'eau qu'elle contenait d'abord. Ainsi, puisque l'eau dans la spirale s'élève au-dessus de  $A$ ; elle refoulera l'eau de  $O N$  à quelque autre position  $M N$ , et la hauteur comprimante de la colonne d'eau diminuera sur l'autre côté de  $O$ . Ainsi on verra que la corne doit commencer à s'élargir, non pas depuis  $B$ , mais depuis  $A$ , et qu'elle doit occuper tout le demi-cercle  $A B E$ , parce que sa capacité doit être à la capacité du côté opposé du calibre uniforme, comme la somme de  $B O$  et de la hauteur d'une colonne d'eau qui fait équilibre à l'atmosphère est à la hauteur de cette colonne; car alors cet air, qui dans son état ordinaire de densité la remplit, remplira le côté uniforme  $B E O$  quand il sera comprimé au point de faire équilibre à la colonne verticale  $B O$ .

Mais cela ne suffit point parce que la corne n'a point pris encore assez d'eau: en plongeant dans la citerne en  $E$ , elle y a introduit de l'air que la pression de l'eau fait remonter en partie, il sort alors de l'eau par-dessus  $B$ , de l'autre côté qui alors presse beaucoup moins. Si donc la corne est dans la position  $E O A$ , elle ne sera pas pleine; ainsi quand elle arrivera dans la position  $O A B$ , elle ne fera pas équilibre à l'air du côté opposé; alors il en sortira un peu au point  $O$ , qui s'élèvera à travers l'eau. Ainsi la corne doit s'étendre au moins de  $O$  à  $B$ , ou occuper la demi-circonférence, et il faut qu'elle contienne au moins deux fois autant d'eau qu'il en faut pour remplir le côté  $B E O$ ;

il n'y aurait même pas d'inconvénient qu'elle fût beaucoup plus grande, parce que le surplus d'air qu'elle prend en E se déchargera, lorsque le bout E  $\alpha$  de la corne s'élèvera de O à B; et elle en perdra précisément la quantité nécessaire, parce que l'eau excédante se déchargera dans le moment où la corne fera le tour pour replonger dans la citerne.

Il faut donc assurer la quantité d'eau requise. La machine étant ainsi plongée de manière à se trouver dans l'eau jusqu'à son axe, la même capacité qui assure la quantité d'air nécessaire lui suffira pour prendre la quantité d'eau convenable; mais on peut la construire de telle sorte que les spirales n'atteignent même pas l'eau, on n'a autre chose à faire que de joindre à la corne une écope ou pelle, en lui donnant une forme et une grandeur qui la rendent capable de contenir assez d'eau pour remplir la corne: c'est tout ce qu'il faut dans le commencement du mouvement le long de la spirale, et plus qu'il n'est nécessaire quand l'eau se sera avancée jusqu'à la spirale suivante; mais le surplus en sera déchargé ainsi que nous venons de l'indiquer. On doit observer qu'il faut que l'écope soit très ouverte du côté qui est près de l'axe, afin qu'elle ne resserre pas l'air à mesure qu'elle entre dans l'eau; car cela l'empêcherait de recevoir une quantité suffisante de ce fluide.

11. Desaguliers décrit dans le second volume de sa *Physique expérimentale* une invention très simple pour élever l'eau.

On attache au bout d'une corde un grand baquet au fond duquel est une soupape qui s'ouvre par le haut; à l'autre bout on attache également un châssis, et l'on fait passer la corde au travers de deux poulies de 45 centimètres environ chacune, et placées sur un plan horizontal, de manière qu'à mesure que le baquet descend, le châssis monte avec une égale vitesse, et *vice versa*. Ce châssis ou cadre court librement sur quatre baguettes en fer verticales qui passent dans des trous pratiqués aux quatre angles.

Dans le moment où le baquet se remplit d'eau, le cadre se trouve au niveau du plan auquel l'eau doit être élevée; quand le baquet est plein, un homme marche sur le châssis; et comme son poids joint à celui du châssis excède celui du seau et de l'eau qu'il contient, il donne un mouvement ascendant au seau et fait fermer la soupape du fond. Lorsque le seau se trouve élevé à la hauteur convenable, un croc qui s'y trouve saisit un anneau adapté au côté du seau, celui-ci bascule et se vide dans une auge qui conduit son eau dans l'endroit où on veut l'avoir. En même temps l'homme et le châssis, en descendant, arrivent à une plate-forme qui les empêche de descendre plus bas; l'homme attend que le seau se soit vidé, et alors il quitte le châssis et remonte rapidement à l'endroit d'où il est descendu. En même temps le seau étant un peu plus lourd que le châssis, descend à l'eau et relève le châssis vers sa position primitive. C'est ainsi que l'opération se continue; l'homme se repose pendant la descente du seau, tandis qu'il agit pour le faire monter.

Desaguliers employa à ce genre de travail un garçon de cabaret qui pesait 72 kilog. Il lui dit de monter et de descendre quarante marches de 16 centimètres de hauteur (ce qui fait 6<sup>m</sup>40) avec le mouvement qu'il avait coutume de prendre pour monter et descendre pendant toute la journée; il monta et descendit deux fois par minute; de sorte qu'en supposant que le seau plein contenait 63,6 kilog., il était dans le cas de l'élever à 6<sup>m</sup>40 deux fois par minute; Desaguliers pense que cela équivaut à 254 kilog. élevés à la hauteur de 3<sup>m</sup>20

dans une minute, ce qui excède de quelque chose le *maximum* qu'il a fixé de la force ordinaire de l'homme.

Dans bien des cas cette machine est non seulement la plus simple, mais même la meilleure qu'on puisse employer; mais elle est de nature à devenir très mauvaise si on ne prend pas les précautions nécessaires. Le châssis sur lequel marche l'homme doit revenir à sa place par une prépondérance de la machine, après qu'elle a été déchargée de son poids, et il faut qu'il arrive en même temps que l'homme; mais il peut arriver ou plus tôt, ou plus tard; s'il arrive plus tôt, il ne sert à rien; c'est une perte de puissance que de lever inutilement un poids lourd, pour élever moins d'eau que l'homme ne pourrait faire naturellement; s'il arrive plus tard, il y a perte de temps.

C'est ainsi que la perfection de cette machine vraiment simple dépend d'une combinaison judicieuse de deux *maxima*, dont chacun varie en raison composée de deux autres. Il ne sera cependant pas difficile de fixer le rapport entre le poids du seau et celui du châssis; car si B indique le poids du seau, F celui du châssis, et  $\phi$  la force nécessaire pour surmonter le frottement et l'inertie des poulies, tandis que  $g$  représente  $10^{m37}$ ,  $t$  le temps employé à monter et descendre les degrés, et S l'espace monté ou descendu, il faut que B et F soient réglés de manière à trouver l'équation suivante :

$$S = \frac{B - F}{B + F + \phi} \quad 1/2 g t^2.$$

Si la source ne donne qu'une petite quantité d'eau ou n'a qu'une petite chute, il est possible, en perdant un peu d'eau, d'élever le reste de manière à fournir de l'eau à une maison de campagne, ou enfin partout où l'on voudra, mais en quantité moindre que ce qui s'en perd, si le lieu où on veut la conduire est plus élevé que le réservoir ou la source d'où elle coule. Il y a longtemps que Schottus inventa une machine pour atteindre ce but; mais les premiers qui la mirent à exécution furent Jérôme Fungio, en 1616, à Rome; et en Angleterre, Georges Gervess, charpentier qui, dans l'année 1725, construisit une machine appelée la roue multipliante ou la machine à seau, pour la maison de campagne de sir Jean Cliester, à Chichley, dans le comté de Buckingham. Cette machine fut fort approuvée par sir Isaac Newton, par le docteur Desaguliers et par M. Brighton, et en effet elle est sans contredit très ingénieuse. L'eau de la source descend dans un seau qui prend un axe par le moyen d'une corde, tandis qu'une plus petite quantité est élevée du même point, au moyen d'une corde qui est suspendue à une roue sur le même axe; un balancier et le reste de l'appareil furent ajoutés afin que la machine travaillât d'elle-même, ce qu'elle fit pendant plusieurs années sans se déranger. Cependant cette machine est compliquée et nous n'avons pas entendu dire qu'on en ait construit d'autres du même genre. On peut en voir la description et la planche dans les ouvrages de Desaguliers.

12. M. H. Sargeant de Whitehaven a inventé une autre machine très peu

coûteuse pour élever l'eau, et pour laquelle la Société d'encouragement des arts lui accorda une médaille dans l'année 1801. On a donné (fig. 215) une esquisse de cette invention très simple.

Cette machine fut construite à Cirton-Hall, maison située sur une hauteur perpendiculaire de 18<sup>m</sup>50 : au bas de cette élévation, à environ 12<sup>m</sup> de distance des bâtiments, coule une petite source ; et afin de s'en procurer une certaine quantité, on tenta d'en élever l'eau et de la transporter à la maison pour la cuisine et pour les autres usages domestiques.

Dans cette vue, on construisit une digue à une petite distance au-dessus du courant, de manière à produire une chute d'environ 1<sup>m</sup>20 : l'eau fut ensuite conduite dans une auge en bois dans laquelle on introduisit un bout de tuyau en plomb de 0<sup>m</sup>10 de diamètre et dont une partie est représentée en A.

Le filet d'eau qui passe par ce tuyau est dirigé de manière à venir se jeter dans le seau B, quand ce dernier est à son plus haut degré d'élévation ; mais aussitôt qu'il commence à descendre, l'eau passe par-dessus et coule progressivement pour fournir l'auge ou le puits, au bas duquel se trouve placée la pompe C qui a 0<sup>m</sup>125 de diamètre.

D est un cylindre en fer, attaché à la verge de la pompe, et qui passe au travers. Ce cylindre est garni en plomb et pèse près de 110 kilogrammes. Il fait agir la pompe et force l'eau à entrer dans la chambre par un tuyau de 0<sup>m</sup>25 de diamètre et de 72 mètres de longueur.

Il y a une corde attachée au point E qui, quand le seau approche à 10 ou 12 centimètres de sa position la plus basse, étend et ouvre une soupape au fond du vaisseau, au travers de laquelle l'eau se décharge.

On construisit il y a quelques années une machine qui, sous beaucoup de rapports, ressemblait à cette dernière ; elle fut faite par les soins de feu Jacques Spedding, pour une mine de plomb près de Keswick, avec l'addition d'un petit seau qui se vidait de soi-même dans un plus grand, près de l'endroit où il commençait à descendre ; et on trouva que sans cette petite addition la flèche ne ferait que balancer, sans pouvoir produire un plein et entier effet.

Pour atteindre ce but, c'est-à-dire faire remplir au seau la fonction dont nous venons de parler, M. Sarjeant fit en sorte que la flèche arrivât à son niveau ou même un peu au-dessous. De cette manière le levier est prolongé dans sa descente, dans le rapport du rayon au cosinus de 30 degrés, ou comme 7 est à 6 à peu près ; conséquemment la puissance est augmentée dans une proportion égale.

Il est évident que l'ouverture de la soupape pouvait avoir lieu peut-être d'une manière plus efficace par une cheville en saillie adaptée au fond ; mais M. Sarjeant voulait donner une exacte description de la machine, telle qu'elle a été, et de la manière dont elle est établie. Elle a été mise en usage pendant quelques années, et a rempli complètement le but qu'on s'était proposé.

Les seuls ouvriers qu'on a employés pour la mettre en œuvre, à l'exception du plombier, furent un forgeron de campagne et un charpentier ; toute la dépense, non compris la pompe et le tuyau, ne s'éleva pas à 128 francs.

Dans une lettre datée de Whitehaven, le 28 avril 1801, M. Sarjeant observe que la pompe exige 82 litres d'eau dans le seau, pour lever le contre-poids et agir avec une force soutenue. Elle fait alors trois mouvements par minute, et

à chaque mouvement elle ramène 2'27 d'eau dans la citerne. Il ajoute : « Je parle de ce qui eut lieu dans le moment de la plus grande sécheresse de l'été dernier. Cette pompe fournissait alors de l'eau à une grande famille, en même temps qu'aux ouvriers, pour tous les besoins, dans un moment où on ne pouvait s'en procurer, à l'exception d'un peu de mauvaise eau provenant d'une pompe ordinaire que l'on a ensuite enlevée ; mais comme cette machine fournit plus qu'il ne faut, on l'arrête pour quelque temps, afin qu'elle n'éprouve pas de dommage ; ce que l'on obtient en lâchant la corde de la soupape du seau. »

13. M. Benjamin Dearborn a inventé une machine hydraulique que l'on peut ajouter convenablement à une pompe ordinaire, que par là on rend propre à élever l'eau, particulièrement pour s'en servir à éteindre le feu. La description suivante de son appareil est extraite des Mémoires de l'Académie américaine.

Fig. 216. A B C D, représente une pompe dont la forme est semblable à celle des pompes qu'on emploie ordinairement à bord des bâtiments.

E le jet.

F un bouchon.

D d, couvercle en planche adapté à la pompe et garni de cuir sur la surface inférieure, il est attaché par les vis *a*, *b* : dans le centre est un trou au travers duquel passe la flèche de la pompe autour de laquelle est un collier en cuir tel qu'il est représenté par la lettre *c*.

*g*, écrou pour la vis B.

*f*, pièce de bois carrée qui est clouée à un des bouts du couvercle ; c'est entre ces deux pièces qu'on fait entrer la vis *a* ; on fait une ouverture au travers de cette pièce et du couvercle qui communique avec le corps de la pompe.

G *g*, tuyau en bois qui peut être de toute longueur et consister en une quantité quelconque de bouts ; on le fait carré à l'extrémité inférieure et il est creusé de manière à recevoir le robinet ; la partie supérieure est garnie d'un épaulement couvenable. *e* est un robinet en bois qui ouvre et ferme la communication entre la pompe et le tuyau qui est garni au côté opposé d'un manche et d'une serrure dans le cas où on croirait que cela fût nécessaire.

H *h*, deux cercles en fer, destinés à empêcher le tuyau de se fendre.

I H, attaches qui doivent être adaptées l'une sur l'autre et former ensemble des angles droits autant que possible.

I *i*, ferrements en forme de gâche qui entourent le tuyau et passent au travers des attaches ; ils ont des trous aux extrémités pour y pouvoir faire entrer les serrures.

K L M N, fond composé de cinq pièces de bois ; *k*, *l*, *m*, *n*, pièce carrée dans le bas de laquelle est une ouverture pour recevoir l'extrémité du tuyau ; cette pièce repose sur le coude *o*, *p* ; à l'extrémité inférieure de ce fond est attaché avec des clous un morceau de cuir avec une ouverture au centre qui est semblable à celle qu'on a pratiquée dans le bois. Un autre morceau de cuir de la même forme est placé sur le haut du tuyau. et entre deux est un cercle de tôle ou de cuivre mince. Les deux morceaux de cuir et de cuivre sont comprimés entre l'extrémité inférieure du fond et l'épaulement du siphon ; leurs extrémités sont tracées, *a*, *o*, *p*.

K N et L M sont les bords de deux morceaux de planches qui ont la même largeur que le fond auquel elles sont fermement clouées ; elles sont garnies chacune d'un tenon qui passe au travers d'une mortaise dans le bout de la pièce O P : les deux tenons sont percés au point *q*.

O P, morceau de planche de la même largeur que les côtés ; son centre est percé de manière à ce que le tuyau puisse passer au travers, et à chaque bout de cette planche est une mortaise pour recevoir les tenons.

N M, couvercle.

R *r*, deux pièces clouées au côté du tuyau ; leurs extrémités inférieures *d e* sont munies d'une roulette, afin de diminuer le frottement du fond dans sa révolution horizontale.

Q *q*, ferrements dont le but est de resserrer le fond, et d'empêcher l'eau de s'échapper à la jointure *o p*.

Q R, conducteur en bois : l'extrémité marquée par la lettre Q est sans trou, tandis que l'extrémité opposée R est percée avec une petite lumière.

S, pêne qui passe du fond au travers du conducteur ; il est assuré par un ferrement ou une croix ; ce pêne est arrondi par le haut et carré au milieu ; *t, u, w, x*, représentent un morceau de fer ou de cuivre destiné à empêcher le haut du pêne d'endommager le fond.

F *s*, cordes destinées à diriger le conducteur.

La figure 217 représente le fond sans conducteur ; *a b c d* est une plaque épaisse en cuivre, trouée par le milieu, de manière à laisser passer les immondices qui sans cela pourraient obstruer le conducteur ; et à cet effet, on a cloué dessous un morceau de cuir qui communique avec le fond. Le trou carré du centre est proportionné à la grosseur du pêne qu'il empêche de tourner. Le conducteur a une entaille en dedans qui enclave le pêne ; elle a la même dimension que les trous pratiqués dans le cuivre. Autour de cette entaille est cloué sur la surface du conducteur un morceau de cuir qui joue sur le bord de la plaque en cuivre, quand le conducteur est en mouvement.

A la fin de ce mémoire, M. Dearbon dit avoir observé qu'il a élevé un tuyau de 9<sup>m</sup>14 sur sa pompe, et que quoique la rigueur de la saison ait empêché de la terminer, en sorte qu'il n'y avait qu'une seule personne qui pût y travailler, cependant il pouvait jeter de l'eau sur un bâtiment contigu, dont la partie la plus proche se trouvait à 10 ou 12 mètres de la pompe et à 10 ou 12 mètres de hauteur.

14. La vis d'Archimède ou pompe spirale, ou, comme on l'appelle en Allemagne, *le limaçon d'eau*, est une machine qui a été inventée par Archimède.

La description suivante fera connaître sa forme et son usage.

Fig 218. A B C D est une roue qui tourne, dans l'ordre des lettres qui la désignent, au moyen d'une chute d'eau E F qui n'a pas besoin d'être élevée de plus d'un mètre. L'axe G de la roue est incliné de manière à former avec l'horizon un angle de 44° ou 45° à 60°. Sur le haut de l'axe est une roue H qui tourne au moyen d'une autre roue I, garnie du même nombre de dents que la première. L'axe K de cette dernière roue est parallèle à l'axe G des deux premières. L'axe G est coupé par une vis double, fig. 219, qui ressemble exactement à l'axe du balancier d'un tournebroche ordinaire. Cette vis doit être ce que l'on appelle une vis à droite, comme les vis de bois, si la première

roue tourne dans la direction A B C D; mais il faut qu'elle soit à gauche, si le courant C fait tourner la roue dans le sens contraire. La vis de l'axe G doit être coupée dans une direction contraire à celle de l'axe K, parce que ces axes tournent dans un sens différent.

Il faut que ces vis soient recouvertes en planches comme celles d'une boîte cylindrique, et alors elles deviennent des conduits spiraux; on peut aussi les former, de cuirs raides, et on en enveloppe les axes en formant des conduits peu profonds, comme figure 220.

La partie inférieure de l'axe G tourne constamment dans le courant qui fait mouvoir la roue, et les parties inférieures des spiraux présentent une ouverture à l'eau; de sorte que la roue et l'axe venant à tourner, l'eau s'élève dans ces conduits, et a son écoulement au point Q, par les ouvertures M N, dans l'endroit où elles se trouvent presque au-dessous de l'axe. Ces ouvertures, dont le nombre peut être de 4 à 6 dans une gorge, sur le haut de l'axe, reçoivent l'eau des ouvertures supérieures des spiraux, et tombent dans le bassin ouvert N; alors les conduits spiraux de cet axe prennent l'eau de N et la déchargent dans un autre bassin, sous le faite de K, au-dessous duquel il peut y avoir une autre roue, telle que I, pour faire tourner un troisième axe par le moyen d'une semblable roue pratiquée en dessus. De cette manière, on peut élever l'eau à toute hauteur donnée, lorsque le courant est suffisant pour remplir ce but, et pour agir sur les palettes de la première roue.

15. On se sert encore d'une autre machine qu'on appelle le *presseur*, il en existe déjà plusieurs de ce genre dans divers endroits de ce pays : on l'emploie pour élever l'eau au moyen de la pression et de la descente d'une colonne renfermée dans un tuyau. Ce principe commença à être adopté en France dans une mécanique dont on fit usage vers l'année 1731, et qui est décrite par Bélidor, dans son *Arch. hydraul.*, liv. IV. chap. I. Mais la machine que nous allons actuellement décrire est de l'invention de M. Threvitheck, qui probablement n'avait pas connaissance qu'on eût essayé d'en faire une de ce genre. Elle fut construite il y a environ trente ans, à la mine de cuivre du Druide, paroisse d'Illogan, près de Truro.

On en a représenté une coupe, fig. 221.

A B représente un tuyau de 0<sup>m</sup>15 de diamètre, par lequel l'eau descend à l'endroit par où elle se décharge et va couler par une ouverture au point S, avec une chute totale de 62 mètres, dans un tuyau fermé le long de la pente d'une colline de 183 mètres, ayant 47<sup>m</sup>50 de hauteur, et ensuite perpendiculairement pendant 10<sup>m</sup>80, jusqu'à ce qu'elle arrive au point B, et de là, par la machine, pendant 4<sup>m</sup>70 de B à S. Au tournant B, l'eau entre dans une chambre C, dont la partie inférieure se termine par deux cylindres en cuivre, de 0<sup>m</sup>10 de diamètre, dans lesquels deux pistons en plomb D et E peuvent se mouvoir en haut et en bas, au moyen de leurs tiges qui passent par-dessus au travers d'une enveloppe bien serrée, et sont attachées aux extrémités d'une chaîne qui passe par-dessus la roue Q, et à laquelle elle est fixée de manière à ne pouvoir s'en détacher.

Les pistons en plomb D et E sont coulés dans leurs places respectives, et n'ont rien qui les enveloppe; ils se meuvent très aisément, et, s'ils venaient à se déranger, on peut les replacer au moyen de quelques coups d'un instrument destiné à cet objet, sans les ôter de place. Aux côtés des deux cylindres



en cuivre dans lesquels D et E se meuvent, sont des trous carrés qui communiquent au travers F et G, qui est une boîte horizontale ou un tuyau carré de 0<sup>m</sup>10 de large et 0<sup>m</sup>075 de haut. Tous les autres tuyaux G, G, et K, ont 0<sup>m</sup>15 de diamètre, excepté le principal cylindre dans lequel se meut le piston H. Ce cylindre a 3 mètres de diamètre et un jeu de 2<sup>m</sup>75; quoique, d'après le dessin ci-joint, il ne paraisse avoir que 0<sup>m</sup>91.

La tige du piston agit en dessus par un tampon rembourré, elle est attachée à M N, qui est la tige de la mine; une pièce perpendiculaire, divisée en deux de manière à ce que l'on puisse la faire mouvoir en haut et en bas, laisse un espace, pour ne pas toucher l'appareil fixe ou le grand cylindre. Cette tige se prolonge jusqu'à la mine même où elle sert à faire jouer les pompes. Si la machine était appliquée à un mécanisme de moulin, ou à un autre usage, cette tige formerait la communication du premier moteur.

K L est un volant ou balancier qui peut se mouvoir sur la cheville V, de sa position actuelle à une autre dans laquelle le poids L prendrait la même inclinaison, du côté opposé à la perpendiculaire, et conséquemment le bout K serait alors aussi élevé qu'il est actuellement abaissé. Le tuyau K S a son extrémité inférieure immergée dans une citerne, et de cette manière il décharge son eau, sans que l'air extérieur puisse s'introduire; en sorte qu'il forme une colonne de *Torricelli*, ou un baromètre d'eau, et fait agir toute la colonne de A à S, comme nous le verrons plus loin dans le cours de cette description.

Supposons que la barre inférieure K V du balancier soit horizontale, et que la verge P O soit située de manière que les pistons en plomb D et E soient placés vis-à-vis l'un de l'autre, et arrêtent les passages de l'eau G et F. Dans cette position de la machine, quoique chacun des pistons soit comprimé par une force qui équivaut à plus de 450 kilog., ils resteront sans mouvement, par l'effet de deux actions contraires l'une à l'autre, qui les maintiendra constamment en équilibre. Le grand piston H étant au fond de son cylindre, on jette le balancier, avec la main, dans la position que représente la figure. Son action sur O P, et conséquemment sur la roue Q, fait monter le piston D et comprime celui E; de sorte que le passage G de A B s'ouvre ainsi que celui de F au tuyau R; il en résulte que l'eau descend de A à C, de là à GGG, jusqu'à ce qu'elle agisse au-dessous du piston H. Cette pression fait lever le piston, et, s'il y a de l'eau au-dessus du piston, elle l'élève et la fait passer par F dans R. Pendant la levée du piston qui emmène la tige de la mine M N avec elle, un morceau poli de bois I, attaché à la tige, se trouve en contact avec le manche K du balancier, et lui fait prendre une position horizontale au-dessous de laquelle il est renversé par le mouvement de la roue L.

La simple levée du piston, s'il n'y avait pas de mouvement additionnel ou de balancier, ne mettrait les deux pistons D et E que dans une position de repos, c'est à-dire fermerait G et F, et alors la machine s'arrêterait; mais la chute du balancier fait descendre le piston D en bas, en débouchant l'ouverture F, et monter le piston E, en débouchant le trou G. Ces mouvements ne demandent aucun emploi de puissance, attendu que les pistons sont en équilibre comme on l'a déjà observé. Dans cette nouvelle position la colonne A B ne communique pas plus longtemps avec G; mais elle agit par F sur la partie supérieure du piston H et la comprime, tandis que ce qui est contenu dans le grand cylindre, au-dessous de ce piston, est poussé par GGG, et

passé par l'ouverture E dans R. On peut observer que la colonne qui agit contre le piston est aidée par la pression de l'atmosphère, rendue active par la colonne d'eau qui est suspendue à R, et à laquelle cette pression auxiliaire est équivalente, comme nous venons de l'observer.

Lorsque le piston a descendu une certaine longueur du bloc ou morceau de bois à T sur la tige de mine, il rencontre le manche K du balancier, l'abaisse et le renverse de nouveau, ramenant encore la position des pistons D E ici tracée, et produit l'élévation du grand piston H que nous venons de décrire. Cette élévation produit son premier effet sur le balancier et les pistons, et de cette manière il est clair que les changements continueront sans cesse, sans s'arrêter, jusqu'à ce que celui qui fait agir la machine juge à propos de remettre les pistons et le balancier dans la position du repos, c'est-à-dire de manière à boucher les passages F et G.

On peut varier la longueur du jeu de la pompe en changeant la position des pièces T et L, qui en raccourciront le jeu; plus elles seront rapprochées l'une de l'autre, et plus elles agiront promptement dans leur mouvement alternatif sur le manche K.

Comme l'arrêt subit de la descente de la colonne A B, à l'instant où les deux pistons seraient dans l'eau, pourrait ébranler et déranger l'appareil, ces pistons doivent être de 12 millimètres plus courts que la profondeur des ouvertures de côté, de sorte que, dans ce cas, l'eau peut s'échapper directement par les deux petits cylindres au point R; ce qui donne au piston le temps de prendre le mouvement contraire pour ramener l'eau dans G G G, et amortit beaucoup la secousse qui sans cela serait trop forte.

On a essayé auparavant, mais inutilement, de faire des machines à pression sur le principe de la machine à vapeur; parce que l'eau n'étant pas élastique, ne peut pas devenir propre à pousser le piston un peu en avant, de manière à fermer complètement un rang de soupapes et à ouvrir l'autre. Dans la construction actuelle, qui est bien entendue, le balancier remplit l'office de la force expansive à la fin de l'action de la machine.

M. Boswell a proposé, comme une amélioration importante, de rendre l'action de cette machine élastique en y ajoutant une chambre à air, construite sur le même principe que celle dont on fait usage dans les machines à feu; il pense qu'on y parviendrait mieux en faisant le piston creux, avec une petite ouverture au fond, et d'une dimension plus large; attendu que le ressort de l'air agirait sur l'eau tant en haut qu'en bas.

Il existe beaucoup d'autres machines hydrauliques ingénieuses, et d'une grande utilité, que les limites de notre ouvrage ne nous permettent pas de décrire; afin de suppléer à ce défaut, nous joindrons à cet article une liste des écrits les plus importants sur ce genre de machines.

*Descriptio machinæ hydraulicæ curiosæ constructæ.* Joh. Geor. Faudieri. Venet., 1607.

Nouvelle invention pour élever l'eau plus haut que la source, avec quelques machines mouvantes par le moyen de l'eau, etc.; par Isaac de Caus, 1657.

*Josephi Gregorii a Monte Sacro principia physico-mechanica diversarum machinarum seu instrumentorum pneumaticæ ac hydraulices.* Venet., 1664.

Nouvelle machine hydraulique, par Francini. *Journal des Sav.* 1669.

Une description de cette machine se trouve aussi dans l'*Architecture hy-*

draulique de Belidor, tome 2, et dans le deuxième volume de la Physique expérimentale de Desaguliers. Dans ces deux ouvrages se trouve en outre la description de beaucoup d'autres machines hydrauliques.

Une invention pour élever l'eau, par M. Sommel Morcland. Trans. philos., 1674, numero 102.

Machine hydraulique par....., Trans. philos., 1675, numero 128.

Pompe à bon marché, par M. Conyers. Trans. philos., 1677, numero 136.

M. de Hautefeuille: Réflexions sur quelques machines à élever les eaux; avec sa description d'une nouvelle pompe, sans frottement et sans piston, etc., 1682.

Élévation des eaux par toutes sortes de machines, réduites à la mesure, au poids, à la balance, par le moyen d'un nouveau piston et corps de pompe et d'un nouveau mouvement cyclo-elliptique, et rejetant l'usage de toutes sortes de manivelles ordinaires; par le chevalier Morland, 1685.

Nouvelle manière d'élever l'eau, proposée d'une manière énigmatique, par le Dr Papin. Trans. philos., 1685, numero 173. Solutions par M. Vincent. et par M. R. A. dans le numero 177.

M. du Torax. — Nouvelles machines pour épuiser l'eau des fondations, qui, quoique très simples, font un effet surprenant, 1695, Journ. des Sav., 1695, pag. 293.

Dr Papin. — Nouvelle manière pour tirer l'eau par la force du feu, à Cassel, 1707.

Mémoire pour la construction d'une pompe qui fournit continuellement de l'eau dans le réservoir, par M. de la Hire, Mém. Acad. Sci., Paris, 1716.

Description d'une machine pour élever les eaux, par de la Faye, Mém. Acad. Sci., Paris, 1717.

Machine élémentaire de Jean-Jacques Bruckman et de Jean Heinr. Weber, ou moyen universel pour toutes les élévations d'eau, Cassel, 1720.

Jacob Leupold, Theatri machinarum hydraulicarum, 1724, 1725.

Joh. Frid. Weileri Tractatus de machinis hydraulicis toto terrarum orbe maximis Marlyensi et Londinensi, etc., 1727. Vide Act. Erudit. Lips., 1728.

Une description des ouvrages d'eau au pont de Londres, par H. Beighton, F. R. S., Phil. Trans. 1731, numero 417.

Description d'une nouvelle machine pour élever l'eau, dans laquelle des chevaux ou d'autres animaux agissent sans aucune perte de puissance (ce qui n'a jamais été pratiqué jusqu'à présent), où l'on démontre comment l'action du piston peut être proportionnée à toute longueur quelconque, afin d'empêcher la perte de l'eau par la trop fréquente ouverture des soupapes, etc., par Walter Churchman. Trans. philos., 1734.

Sur l'effet d'une machine hydraulique proposée par M. Segner, par M. Léon Euler. Mém. Acad. Sci., Berlin, 1750.

Application de la machine hydraulique de M. Segner à toutes sortes d'ouvrages, et de ses autres avantages sur les autres machines hydrauliques, par M. Léon Euler. Mém. Acad. Sci., Berlin, 1751.

La machine de M. Segner n'est autre chose que la simple et très ingénieuse invention connue sous le nom de *moulin de Barker*, qui a été décrite

dans le second volume de philosophie de Desaguliers, quelques années avant que le professeur allemand ait eu aucune prétention à l'honneur de cette invention. Le principe en a aussi été démontré par Jean Bernouilli à la fin de ses Hydrauliques.

Recherches sur une nouvelle manière d'élever de l'eau proposée par M. de Mour, par M. L. Euler. Mém. Acad., Berlin, 1751.

Discussion particulière de diverses manières d'élever de l'eau par le moyen des pompes, par E. L. Euler. Mém. Acad., Berlin, 1752.

Maximes pour arranger le plus avantageusement les machines destinées à élever de l'eau par le moyen des pompes, par M. L. Euler. Mém. Acad., Berlin, 1752.

Réflexions sur les machines hydrauliques, par M. le chevalier d'Arcy. Mém. Acad. Sci., Paris, 1754.

Mémoires sur les pompes, par M. le chevalier de Borda. Mém. Acad. Sci., Paris, 1768.

Dan. Bernouilli *Expositio theoretica singularis machinæ hydraulicæ, figur. Helvetiorum extractæ*. Nov. com. Acad. Petrop., 1772.

Traité de la vis à eau, de D. Scherffer, prêtre. Vienne, 1774.

Recherches sur les moyens d'exécuter sous l'eau toutes sortes de travaux hydrauliques, sans employer aucun épuisement, par M. Coulumb, 1779.

Sæmund magnussen Holm, *Efterretning om skye Pumpen*, Kiøbenhavn, 1779.

Moyen d'augmenter la vitesse dans le mouvement de la vis d'Archimède sur son axe, tiré des mémoires manuscrits de M. Pingeron sur les arts utiles et agréables. Journ. d'agric., juin, 1780.

La Théorie du siphon clairement et méthodiquement expliquée, 1781 (Richardson).

Memoria sopra la nuova tromba funicolare umiliata, dal Cav. Carlo Castelli, Milano, 1782.

Dissertation de M. de Parcieux sur le moyen d'élever l'eau par la rotation d'une corde verticale sans fin. Amsterdam et Paris, 1792.

Theorie der Wirzischen spiral pumpe erlautert von heinr. Nicander, Schwed. Abhandl., 1783.

Jac. Bernouilli: Essai sur une nouvelle machine hydraulique propre à élever de l'eau et qu'on peut nommer machine pilotienne. Nov. act. Acad. Petrop., 1786.

K. Ch. Langdorf's Berechnungen uber die vortheilbfoetere Benutzung Angelegter fammelteiche zur betriebug der maschinen. Act. Acad. Elect., Mogunt., 1784, 1785.

Théorie de Nicandre sur la pompe spirale, 1789.

Nouvelle architecture hydraulique, par M. de Prony, 1790, 1796.

Courte description de l'invention de la théorie et de la pratique du mécanisme à feu, ou introduction à l'art de faire des machines vulgairement appelées machines à vapeur, afin d'extraire l'eau des mines, et de la transporter dans les villes, de l'employer à des jets d'eau dans les jardins, etc., par W. Blakey, 1793.

#### POMPES.

1. La construction des pompes est ordinairement expliquée par des mo-

dèles en verre, dans lesquels on peut voir l'action des pistons et des soupapes.

Afin d'entendre la structure et l'opération des pompes ordinaires, supposons le modèle D C B L fig. 222) placé verticalement dans le bassin d'eau K, l'eau étant assez profonde pour s'élever depuis A jusqu'à L au moins. La soupape *a* qui est placée sur le piston mobile G, et la soupape *b* sur la boîte fixe H, qui remplit tout à fait le corps du tuyau aspirateur au point H, se fermeront toutes deux par leur propre poids, et couvriront les ouvertures du piston et de la boîte; elles resteront fermées jusqu'à ce que la machine commence son action. Ces soupapes sont faites en cuivre, et garnies en dessous par du cuir pour qu'elles ferment plus exactement l'ouverture. Le piston G est levé et baissé alternativement par le bras E et par la tige D *d*, le piston étant supposé au point B avant que le travail commence.

Prenez le bras E et levez le piston de B à C; vous donnerez de l'espace pour laisser entrer l'air dans la pompe au-dessous du piston, et s'y dilater de lui-même, ce qui affaiblit son ressort, et fait qu'alors son poids n'équivaut pas au poids ou à la pression de l'air extérieur sur l'eau du réservoir K, et que, par conséquent, au premier mouvement de la pompe, l'air extérieur comprimera l'eau, au travers de l'échancrure A, dans le tuyau aspirateur jusqu'à *e*, ce qui condensera l'air raréfié dans le tuyau entre *e* et C au même point où il était auparavant; alors, comme son ressort dans le tuyau est égal à la force ou à la pression de l'air extérieur, l'eau ne s'élèvera pas plus haut au premier mouvement de la pompe; la soupape *b*, qui s'était un peu élevée par la dilatation de l'air dans le tuyau, tombera et bouchera l'ouverture de la boîte H, et la surface de l'eau s'arrêtera au point *e*. Abaissez alors le piston de C à B; comme l'air qui est renfermé dans la partie B ne peut sortir par la soupape *b*, qui est fermée, il soulèvera la soupape *a* à mesure que le piston descendra, et il entrera dans la partie supérieure du cylindre *d*. Mais, en levant le piston G une seconde fois, l'air compris entre le piston et l'eau dans le tuyau aspirateur *a e* deviendra libre une seconde fois de remplir un plus grand espace; et son ressort étant ainsi affaibli pour la seconde fois, la pression de l'air extérieur sur l'eau, dans le réservoir K, fera monter plus d'eau dans le tuyau inférieur de *e* à *f*; enfin quand le piston sera à sa plus grande hauteur C, la soupape inférieure *b* tombera, et bouchera l'ouverture de la boîte H comme auparavant. Au premier mouvement du piston, l'eau s'élèvera par la boîte H vers B, et la soupape inférieure *b*, qui avait été élevée par elle, tombera au moment où le piston G sera à la plus grande hauteur. En baissant le piston une seconde fois, l'eau ne peut être renvoyée au travers de la soupape *b* qui tient étroitement fermée l'ouverture tandis que le piston descend; en relevant le piston, la pression extérieure de l'air forcera l'eau à monter au travers de H, alors elle élèvera la soupape et suivra le piston au point C; à sa prochaine baisse, le piston G descendra dans l'eau du cylindre B; et comme l'eau ne peut être repoussée à travers la soupape *b*, qui est actuellement fermée, elle lèvera la soupape *a* à mesure que le piston descend, et sera élevée en haut par le piston à sa prochaine ascension. Alors, tout l'espace au-dessous du piston étant plein, l'eau au-dessus ne peut baisser pendant sa compression; mais lors de cette compression, la soupape *a* tombera de son propre poids, et bouchera l'ouverture du piston. Lorsque le piston sera élevé pour la

seconde fois, toute l'eau en dessus sera soulevée, et commencera à couler par le tuyau F; et ainsi, en levant et baissant le piston alternativement, on élève toujours plus d'eau, et celle-ci, montant au-dessus du tuyau F, dans la grande ouverture I, fournira le tuyau, et en fera couler un courant d'eau continu.

Ainsi toutes les fois que le piston est levé, la soupape *b* monte et la soupape *a* tombe; et toutes les fois que le piston descend, la soupape *b* tombe, et la soupape *a* s'élève.

Comme c'est la pression de l'air ou de l'atmosphère qui fait que l'eau s'élève et suit le piston G, à mesure qu'on le soulève en haut; et puisqu'une colonne d'eau de 10<sup>m</sup>39 de hauteur est d'un poids égal à celui d'une colonne d'air depuis la terre jusqu'à l'extrémité de l'atmosphère, il s'ensuit que la distance verticale du bas du piston jusqu'à la surface de l'eau dans le puits doit toujours être moindre de 10<sup>m</sup>39; autrement l'eau ne s'élèverait jamais au-dessus du piston; mais quand cette hauteur sera moindre, la pression de l'atmosphère sera plus grande que le poids de l'eau dans la pompe et l'élèvera ainsi au-dessus du piston; quand l'eau aura une fois été soulevée au-dessus du piston, on pourra ensuite l'élever à toutes les hauteurs, si la tige D est rendue assez longue, et si l'on emploie un degré suffisant de force pour la lever avec le poids de l'eau au-dessus du piston, sans jamais allonger le mouvement.

La force nécessaire pour faire agir une pompe sera comme la hauteur à laquelle l'eau est élevée, et comme le carré du diamètre intérieur de la pompe dans la partie où opère le piston, en sorte que si l'on fait deux pompes d'égale hauteur, et que le corps de pompe de l'une d'elles soit deux fois aussi large que celui de l'autre, la plus large élèvera quatre fois autant d'eau que la plus étroite, et demandera conséquemment quatre fois autant de force pour être mise en mouvement.

Le plus ou moins de largeur de la pompe, dans toute autre partie que celle dans laquelle opère le piston, ne donne ni plus ni moins de facilité ou de difficulté pour agir, à l'exception de la différence qui peut provenir du frottement de l'eau dans le corps de pompe: le frottement est toujours plus grand dans un corps de pompe étroit que dans un autre plus large, à cause de la grande rapidité de l'eau. La tige de la pompe n'est jamais levée directement par un manche tel que E, à l'extrémité supérieure; mais on la lève au moyen d'un levier dont le bras le plus long, c'est-à-dire celui au bout duquel la puissance est appliquée, excède généralement de cinq à six fois la longueur du bras le plus court; par ce moyen, on donne cinq à six fois autant d'avantage à la puissance. D'après ces principes, il sera aisé de trouver les dimensions d'une pompe qui devra agir avec une force donnée, et tirer l'eau de toute profondeur aussi donnée.

La quantité d'eau élevée par chaque mouvement du manche de la pompe est précisément égale à celle qui remplit la partie du corps de la pompe dans laquelle agit le piston, quelle que soit la grandeur du reste, au-dessus et au-dessous. La pression de l'atmosphère élèverait l'eau à 10<sup>m</sup>39 dans un tuyau privé d'air, mais il est prudent de n'avoir jamais le piston à plus de 6 ou 8 mètres au-dessus du niveau de la surface de l'eau dans laquelle la partie inférieure de la pompe est placée; la puissance nécessaire pour faire agir la pompe sera la même, si le piston s'abaisse au niveau de la surface du puits, ou s'il

agit à 9 mètres au-dessus de cette surface, parce que le poids de la colonne d'air qu'élève le piston est égal au poids ou à la pression de la colonne d'eau élevée par la pression de l'air sur le piston ; quoique la pression de l'air sur la surface des puits ne force pas l'eau à monter dans le corps de la pompe à plus de 10<sup>m</sup>39, cependant quand le piston s'abaisse dans la colonne ainsi élevée, l'eau prend le dessus, et elle peut alors être élevée à toute hauteur au-dessus du piston, selon la quantité de puissance employée à cet effet au manche de la pompe.

Les pompes devraient être faites, dit M. Fergusson, de manière à agir avec une égale facilité, en élevant l'eau à toute hauteur donnée au-dessus de la surface des puits ; et on peut parvenir à ce but en proportionnant convenablement le diamètre du corps de pompe dans l'endroit où agit le piston à la hauteur où l'on doit élever l'eau ; de manière que la colonne d'eau ne soit pas plus pesante dans une grande que dans une petite pompe, ou enfin qu'elle le soit également dans toutes les pompes, depuis la plus petite jusqu'à la plus grande. en supposant que le diamètre du corps de la pompe soit le même depuis le haut jusqu'en bas. Quelle que soit la dimension du corps de pompe, au-dessus ou au-dessous de la partie dans laquelle agit le piston, la puissance nécessaire pour faire travailler la pompe sera précisément la même que si le corps en était partout égal.

Afin qu'un homme de force ordinaire puisse élever l'eau au moyen des pompes avec la même facilité à toute hauteur qui n'ait pas moins de trois mètres ni plus de trente mètres au-dessus de la surface du puits, M. Fergusson a dressé une table de proportion, dans laquelle le diamètre du corps de la pompe est proportionné à la hauteur ; dans son calcul il suppose que la tige de la pompe est un levier qui augmente cinq fois la puissance.

Nous donnons ici cette table réduite en mesures françaises :

Hauteur de la Pompe au-dessus de la surface du puits.	Diamètre du corps de pompe.	Eau fournie en une minute. Litres.
3 <sup>m</sup> 00	0 <sup>m</sup> 176	368,15
4 50	0 144	247,43
6 00	0 124	185,58
7 50	0 111	169,61
9 00	0 102	123,72
10 50	0 094	106,14
12 00	0 088	92,50
13 50	0 083	82,29
15 00	0 079	74,34
16 50	0 075	67,54
18 00	0 072	61,86
19 50	0 069	56,75
21 00	0 066	52,68
22 50	0 064	49,38
24 00	0 062	46,54
25 50	0 060	43,70
27 00	0 059	41,43
28 50	0 057	39,16
30 00	0 056	36,47

Ce tableau indique : 1<sup>o</sup> le nombre de mètres auquel l'eau peut être élevée ; 2<sup>o</sup> le diamètre du corps de la pompe dans lequel agit le piston ; 3<sup>o</sup> la quantité

d'eau qu'un homme d'une force ordinaire peut élever dans une minute, au moyen de la pompe, à la hauteur donnée.

La quantité d'eau contenue dans un tuyau de l'une ou l'autre des hauteurs portées sur la table, en supposant que le diamètre du corps de la pompe soit le même du haut en bas, est de 88,96 litres.

La puissance nécessaire pour faire agir une pompe ou toute autre machine hydraulique doit être non seulement égale au poids de toute la colonne d'eau contenue dans le corps de pompe, mais encore lui être supérieure pour vaincre tout le frottement des parties agissantes de la machine.

2. Dans la Mécanique du docteur Gregory (vol. II), on trouve la description suivante d'une pompe qui a peu de frottement et que l'on peut construire de différentes manières, en employant à cet effet un charpentier ordinaire, sans le secours d'un plombier; elle élève une grande masse d'eau à des hauteurs modérées, ce qui la rend propre au dessèchement des marais, des mines, des carrières, et même au service d'une maison. A B C D fig. 223) est une boîte carrée, en charpente, ouverte aux deux bouts et portant dans le haut une petite citerne garnie d'un orifice d'écoulement. Au près du fond il y a un compartiment fait en planches, avec une ouverture E, et un couvercle *ffff* représentant un long sac cylindrique fait en cuir on en fort canevase, avec une doublure de cuir mince comme de la peau de mouton. Elle est fortement clouée à la planche E, avec du cuir doux entre deux. La partie supérieure de ce sac est attachée sur une planche ronde, ayant une ouverture et une soupape F. Cette planche peut être soutenue par des appuis, et avoir dans le bord une échancrure dans laquelle est passée une corde qui en fait le tour. La fourche de la tige à piston F' G est fortement attachée à cette planche. Le sac est tenu moins tendu par une certaine quantité de cerceaux en bois ou d'anneaux en fort fil de fer, *ff. ff. ff.*, etc., qu'on y introduit à quelques centimètres de distance l'un de l'autre. Il sera à propos avant de poser ces cercles de les lier ensemble, de haut en bas, par trois ou quatre cordes, qui les maintiendront dans leurs distances convenables. De cette manière le sac aura la forme d'un soufflet à poudrer, comme ceux dont se servent les perruquiers. La distance entre les cercles doit être d'environ deux fois la largeur du bord du cercle en bois, auquel la soupape supérieure et la tige du piston sont attachées.

Maintenant supposons que l'on plonge cette boîte dans l'eau. Il est évident que si le sac est étendu et perd la forme comprimée que lui donne son propre poids lorsqu'on tire en haut la tige du piston, il augmentera de capacité; la soupape F se fermera par son propre poids; l'air du sac sera raréfié, l'atmosphère pressera et fera entrer l'eau dans le sac, et quand la tige redescendra, cette eau sortira par la soupape F et remplira une partie de la caisse. La répétition de cette opération produira le même effet; la caisse se remplira, et enfin l'eau sortira par le tuyau.

Telle est cette pompe, presque exempte de tout frottement, et très légère. Le cuir dont le canevase est garni le rend impénétrable à l'air et à l'eau, et le canevase acquiert une force considérable. Nous savons par expérience qu'un sac de 15 centimètres de diamètre, fait de toile grossière et garni d'une peau de mouton, supportera une colonne de 14<sup>m</sup>50 d'eau pendant l'espace d'un mois, à 6 heures de travail par jour, et que cette pompe est bien supérieure



à une pompe ordinaire de même dimension. Nous observerons seulement que la longueur du sac devra être trois fois la longueur du mouvement que l'on veut obtenir, afin que, quand la tige du piston sera dans sa position la plus élevée, les angles ou les bords du sac deviennent très aigus. Si le sac est distendu, la force à exercer devient beaucoup plus grande que le poids de la colonne d'eau que l'on élève. Si cette pompe est dans une position inclinée, ce qui peut souvent être nécessité par les circonstances, il faudra placer dans le tuyau un guide pour la tige du piston, afin que le sac puisse monter et descendre sans frotter sur les côtés, ce qui le mettrait en peu de temps hors de service.

Le lecteur versé dans cette science verra que cette pompe ressemble beaucoup à celle de Gosset et de la Deuille, décrite par Bélidor, vol. II. p. 120, et par la plupart de ceux qui ont écrit sur les machines hydrauliques. Elle y ressemblerait encore bien davantage si le sac était sous le côté du compartiment E, et qu'une soupape fût placée au-dessous de la caisse. Mais nous pensons que notre forme est très préférable pour la force : dans l'autre position, la colonne d'eau levée par le piston tend à crever le sac, et cela avec une grande force, comme il est facile de le concevoir ; tandis que, dans la forme que je viens de recommander ici le sac est comprimé, et l'on peut rendre la force de chaque côté bien moindre qu'il ne faudrait qu'elle le fût pour crever un sac de 0<sup>m</sup>15 de diamètre. Plus les anneaux seront placés près l'un de l'autre, plus la force diminuera. Le même piston à sac peut être employé pour une pompe foulante en le plaçant sous le compartiment ; et, en renversant la soupape, il sera alors également fort, parce que, dans ce cas, la résistance agira par compression.

3. Un changement ingénieux qui a été fait dans la construction de la pompe aspirante, est celui de deux tiges à piston dans le même corps ; c'est une invention de M. Walter Taylor, de Southampton. On a représenté une coupe verticale de cette pompe, fig. 224.

Les deux tiges M et N des pistons *a* et *b* sont adaptées à des crémaillères qui engrènent dans les pignons, et sont soutenues dans leur position par des rouleaux de frottement. Les soupapes dont on se sert dans cette pompe sont de trois sortes, comme on le voit en *a*, *b* et *c*. La première est un segment sphérique qui peut glisser sur la tige du piston ; elle descend par son propre poids. La seconde, *b*, s'appelle la soupape du balancier, et la troisième est une sphère mobile que l'eau soulève en montant, et qui retombe par son propre poids. Chacune de ces soupapes se dégage elle-même des ordures, du sable et du gravier que l'eau fait monter. Dans ce genre de pompe on peut mettre les pistons en mouvement, soit au moyen d'un manche par la manière ordinaire, soit en passant une corde autour de la roue *d e*, dans un sens convenable. Les deux extrémités de cette corde, après avoir traversé la partie inférieure de la roue, peuvent être tirées par un ou plusieurs hommes de chaque côté. Une pompe de ce genre, dont le cylindre a 0<sup>m</sup>175 de diamètre, élève une tonne d'eau à 7<sup>m</sup>30 de haut dans une minute, au moyen de dix hommes, dont cinq seulement travaillent à la fois de chaque côté.

Une autre amélioration de la pompe commune a été faite par M. Todd, de Hull. Dans cette machine, peu différente des pompes ordinaires, il a cherché à doubler la puissance de la manière suivante :

Ayant préparé le cylindre du piston . qui peut avoir 3<sup>m</sup>65 de haut, il re-tranche du fond environ 90 centimètres. Au bout du grand cylindre, il place une soupape *à air*, et au bout du petit une soupape *de service*. Dans le fond du petit cylindre, qui contient la soupape de service, est inséré un tube elliptique recourbé, de calibre égal au principal cylindre dont l'autre extrémité est également insérée dans le haut du grand cylindre. Ce tube se partage de la même manière que le premier cylindre en soupapes *à air* et de *service* qui sont exactement parallèles à celles du premier cylindre. La pompe, ayant ainsi doubles soupapes, produit doubles effets que l'on peut encore augmenter en augmentant les dimensions.

Le cylindre est vissé pour l'usage sur un tuyau qui se dirige du côté d'un réservoir ou d'une citerne, et que l'on fait agir à la main.

Le piston plongeur est mis en action par un segment de roue dentée, dans le genre de la roue dont on se sert pour faire mouvoir les pompes à chaînes des bâtiments de la marine royale. Cette roue reçoit son mouvement d'un cabestan à main, qui est considérablement accéléré par une roue mouvante de dimensions différentes, placée à l'extrémité opposée.

Cette pompe joint à son accroissement de puissance un avantage très grand et très important. En y vissant le long tuyau en cuir et le tuyau à feu de la machine ordinaire, on la convertit en peu de minutes en une véritable pompe à incendie; ainsi la personne qui possède cette pompe est sûre d'avoir en un instant une machine propre à éteindre le feu. Trois hommes suffisent pour faire agir cette pompe : un pour tourner le cabestan, un autre pour diriger le tuyau, et un troisième pour fournir de l'eau.

#### 4. La pompe foulante est représentée fig. 225.

Elle élève l'eau au travers de la boîte H, quand le piston *g* est élevé par la tige D *d*, mais non pas de la même manière que le fait la pompe aspirante; ce piston n'a pas d'ouverture par laquelle l'eau puisse s'élever et passer dans la partie supérieure du corps de pompe BC. Pour indiquer le jeu de cette pompe, supposons que le piston soit abaissé en B; la soupape *b*, qui avait été soulevée par le moyen de l'ascension de l'eau au travers de la boîte H, quand on avait levé le piston, retombe et bouche l'ouverture H. L'eau, qui est entre le piston *g* et la boîte H, ne peut monter à travers le piston quand il descend, ni retourner dans la partie inférieure de la pompe L *e*, mais elle trouve passage dans le tuyau MM, placé à côté du corps de la pompe, qui s'ouvre dans le réservoir à air KK au point P. L'eau étant donc forcée dans le tuyau MM par la descente du piston, soulève la soupape *a*, et entre dans le réservoir à air KK. Aussitôt que le piston *g* commence à remonter, la soupape *a* se ferme, parce que l'action de l'eau contre la partie inférieure de la soupape vient alors à cesser.

L'eau étant ainsi forcée d'entrer dans le réservoir à air KK, au moyen de coups répétés du piston, s'élève au-dessus de la partie inférieure du tuyau GH, et commence alors à comprimer l'air dans le réservoir KK. Car le tuyau GH est fixé dans le réservoir au-dessous de F, de manière qu'il est impénétrable à l'air, qui n'en peut sortir que par l'embouchure du tuyau au point I, ce qui ne peut avoir lieu que quand cette embouchure est couverte par l'eau; l'air, se condensant de plus en plus à mesure que l'eau s'élève au-dessus du tuyau, commence à agir par son ressort contre la surface de l'eau

au point H ; et cette action pousse l'eau en haut par le tuyau IHGF, d'où elle jaillit par le jet S à une grande hauteur, tandis qu'elle se renouvelle par l'élévation et la pression alternative du piston *g*, poussant continuellement l'eau qu'il élève par la soupape H, le long du tuyau MM, dans le réservoir à air KK.

Plus la surface de l'eau H s'élèvera dans le réservoir, moins sera grand l'espace dans lequel sera condensé l'air qui le remplissait auparavant ; par conséquent la force de son action sur l'eau sera d'autant plus grande, et la poussera avec d'autant plus de violence au travers du tuyau au point F ; comme l'action de l'air continue, tandis que le piston *g* s'élève, le courant ou le jet S sera le même aussi long-temps que continuera le mouvement du piston : et quand la soupape *b* s'ouvrira pour laisser passer l'eau soutirée par l'élévation du piston, la soupape *a* se fermera pour empêcher l'eau, qui a été foulée dans le réservoir, de redescendre par le tuyau MM dans le corps de la pompe.

S'il n'y avait pas de réservoir à cette machine, le tuyau GHI serait joint à celui MMN au point P, et s'arrêterait chaque fois que le piston s'élèverait, et jaillirait seulement quand il s'abaisserait.

La machine hydraulique de M. Newsham pour éteindre le feu (voyez Pompe à incendie) consiste en deux pompes foulantes qui poussent alternativement l'eau dans un réservoir fermé et plein d'air, en forçant l'eau dans ce réservoir ; l'air est condensé, et comprime l'eau si fortement qu'elle sort avec une grande force et une grande impétuosité au travers d'un tuyau qui y descend, et forme un courant d'eau continu au moyen de la condensation de l'air sur sa surface dans le vaisseau.

Au moyen des pompes foulantes, on peut élever l'eau à toute hauteur au-dessus du niveau d'une rivière ou d'une source, et l'on peut construire des machines pour les faire mouvoir, soit au moyen d'un courant ou d'une chute d'eau, soit au moyen de la vapeur ou de chevaux.

La tige du piston dans une pompe aspirante est quelquefois pratiquée de manière à opérer au travers d'un rouleau en cuir huilé, et des plaques de cuivre jointes au corps de la pompe par des vis et conservées humides par de l'eau contenue dans une espèce de bache qui se trouve au haut : cela empêche l'eau de sortir par le haut de la pompe, et ainsi l'on élève l'eau à toute hauteur au moyen d'un tuyau.

5. La pompe élevant ne diffère de la pompe aspirante que par la disposition de ses soupapes et la forme du cadre de son piston. Cette pompe est représentée fig. 226.

AB est un corps de pompe fixé dans un cadre IKLM qui est immobile, et dont la partie inférieure plonge dans l'eau. GEQHO est un châssis avec deux fortes branches en fer, jouant dans des ouvertures pratiquées dans la partie inférieure et supérieure des pompes IK et LM. Dans le fond de ce cadre OQH est fixé un piston renversé BD, garni d'une soupape D placée à sa partie supérieure. Sur le haut du corps de la pompe s'élève une partie FR, soit attachée à ce corps, soit mobile au moyen d'une boule dans son orbite, mais dans l'un et l'autre cas impénétrable à l'eau et à l'air : dans cette partie en C, est une soupape fixe ouvrant par le haut. Il est évident que quand le châssis du piston est plongé dans l'eau, le piston D descend, et que l'eau qui est en dessous s'élance par la soupape D, et s'élève au-dessus du piston : quand le châssis s'élève, le pis-

ton force l'eau à travers la soupape C, dans le haut de la citerne P, et coule par le robinet. Le piston de cette pompe joue au-dessous de la surface de l'eau. M. Martin a décrit une pompe à mercure qui opère au moyen de ce métal; elle est de l'invention de M. Hoskins, et a été perfectionnée par M. Desaguliers. Une autre pompe, de la classe des pompes élevantes dont le piston agit sans frottement, et inventée par MM. Gosset et de la Deuille, est placée à Paris, dans le Jardin du Roi. Phil. Britt., vol, II, page 57, etc., *idem*, 3.

6. La pompe de *Ctesibius*, la première de toutes ces sortes de pompes, agit tant par aspiration que par refoulement.

Sa forme et son action sont ainsi qu'il suit : un cylindre en cuivre ABCD, fig. 227, muni d'une soupape au point L, est placé dans l'eau; on y ajuste un piston MK, fait en bois vert pour qu'il ne s'enfle pas dans l'eau; on le place sur l'ouverture du cylindre, en la recouvrant en cuir; en H on place encore un autre tuyau NH, avec une soupape qui s'ouvre vers le haut au point I.

Lorsque le piston MK est soulevé, l'eau ouvre la soupape au point L, et s'élève dans le creux du cylindre; quand le même piston s'abaisse, la soupape I s'ouvre, et l'eau est poussée à travers le tuyau HN.

Telle est la pompe dont se servaient les anciens, et dont les deux autres ont été déduites. Sir S. Morland s'est efforcé d'augmenter la force de la pompe en diminuant le frottement : il a assez bien réussi, étant parvenu à faire travailler la pompe presque sans aucun frottement.

7. En 1813, la Société d'encouragement pour les arts donna une médaille d'argent à M. Jean Stephens pour un perfectionnement dans la construction de la pompe foulante, par lequel on peut, au moyen d'une légère dépense, élever de l'eau d'un puits de 29 mètres de profondeur au-dessous de la surface du terrain. Toute la dépense de la pompe et de son appareil s'élevait à 25 liv. st. (130 francs).

La partie inférieure de la pompe est en bois et a 10 centimètres de corps. La partie inférieure de la tige, qui passe au travers de la boîte garnie d'étoupes, est faite en cuivre; le coude et les parties supérieures de la pompe ont 0<sup>m</sup>05 de diamètre; on peut aisément les confectionner avec toute espèce de bois. On parvient facilement à rendre cette pompe propre à servir de pompe à incendie, en y ajoutant un récipient impénétrable à l'eau et un tuyau dans la partie supérieure.

Dans ce dessein on a introduit une tête et une vis, au lieu de visser sur le bout même de la pompe; cette construction offre plus de sûreté et de solidité. Quand on doit élever l'eau à une grande hauteur, on recommande aussi d'avoir une vis pour s'en servir, afin que tout soit prêt à être mis sur-le-champ en action. On n'a pas à craindre que la gelée puisse nuire à cette pompe. Quand le puits est d'une profondeur considérable, un corps en cuivre, ou de tout autre métal, doit être employé de préférence pour le travail du piston.

Fig. 228, représente la coupe d'un puits dans lequel une pompe de ce genre est placée. A A représente la surface du terrain, et B B le mur en brique du puits, dans lequel l'eau s'élève au niveau C, et doit être élevée à la surface A A au moyen de la pompe.

Est le levier ou le manche de la pompe auquel la tige *a* est attachée, et qui descend vers la pompe ; la tige est faite en bois de diverses longueurs, unis ensemble par des cercles de fer, de la manière indiquée dans la figure 229. Ces branches en bois *a, a* sont recouvertes par des enfourchures en fer *b*, qui en renferment les bouts et sont fortement rivées ; les bouts des enfourchures sont joints ensemble pour réunir les diverses longueurs.

Est le corps de pompe, ou le cylindre de la pompe dans laquelle le piston opère ; cette partie est formée d'une solive creuse ayant une branche *e* également creusée, et dirigée obliquement vers la chambre pour former le tuyau dans lequel l'eau est foulée. Dans le fond de ce cylindre est située la soupape aspirante, qui est placée au haut du tuyau aspirateur. Elle est percée moins large que le corps de pompe, qui est aussi garni d'un tuyau en cuivre dans l'endroit où le piston se meut. Le haut du corps de la pompe porte un couvercle en métal *g* (Voy. figures 230 et 231), qui a une boîte garnie au centre, propre à recevoir la partie cylindrique en métal de la tige *h* de la pompe ; c'est à cette extrémité inférieure qu'est attaché le piston *a*. Ce couvercle en métal consiste en un cercle qui est attaché au corps en bois au moyen de cinq vis qui passent au travers d'autant d'oreilles fixées sur la circonférence du cercle. En dessous se trouvent autant d'ouvertures qui répondent à des chevilles fixées dans le bois, et saillent assez pour retenir ces vis. afin d'assurer le cercle au moyen d'écrous qu'on y visse. La partie mobile du couvercle de la pompe a une boîte *g* dans le centre, et est attachée au cercle par cinq vis que l'on peut défaire pour ôter le couvercle et retirer le piston quand il faut le garnir de cuir.

Est la pompe foulante, formée d'autant de parties de tuyau en bois qu'il en faut pour faire la longueur ; elles sont jointes ensemble, et se terminent à l'extrémité supérieure du tuyau, en forme de cône entrant dans l'extrémité inférieure de l'autre tuyau, destinée à le recevoir : la partie la plus basse s'ajuste à l'extrémité de la branche *e*, et l'on regarde comme avantageux de mettre dans le tuyau, à l'endroit de sa jonction, une soupape qui empêche le retour de l'eau, et qui supporte une partie du poids de la colonne, à partir de la soupape la plus basse au point *f* ; l'extrémité supérieure du tuyau est munie d'une gorgonille *i* servant de décharge à l'eau.

M est un second dégorgeoir qui est adapté dans le tuyau au-dessous du premier. Il est garni d'une vis au moyen de laquelle il peut être joint à un tuyau creux ou en cuir, pour porter l'eau à une certaine distance, ou, par le moyen d'un jet ou d'un tuyau à branche, la lancer à la manière de la pompe à incendie. Il faut, dans ce cas, boucher le premier dégorgeoir *i*, au moyen d'une cheville vissée ou d'un couvercle. Il y a un réservoir H en cuivre, impénétrable à l'air, placé au haut du tuyau F, pour rendre égale l'expulsion de l'eau fournie par la pompe.

K est un tasseau attaché au tuyau F, qui s'élève au-dessus du centre de la pompe : on y pratique un trou dans lequel s'adapte la tige *h* du piston, afin de l'affermir dans son mouvement de haut en bas, et pour qu'elle ne se déplace ni ne s'écarte d'aucun côté. Comme on peut confectionner les tuyaux en bois, dont la pompe foulante F est composée, avec de mauvais bois, cela fait une grande différence entre le prix de cette pompe et celui des solives droites, qu'il faut employer à la confection des pompes ordinaires. On peut attacher,

au moyen d'une chaîne, une cheville en bois entre les jets ou les tuyaux M et i, afin de pouvoir boucher la partie dont on ne veut pas se servir.

M. Stephens est d'avis qu'il vaut mieux placer la soupape *f* au-dessus du niveau de l'eau dans le puits.

8. M. William Tyror, de Liverpool, a pris un brevet d'invention, en mars 1819, pour quelques améliorations dans la construction des pompes, ainsi que dans le mécanisme de leur jeu.

Ces améliorations consistent à avoir quatre corps de pompe en cuir, désignés par les lettres P P P, fig. 232, joints ensemble au moyen de culasses attachées par des vis, et soudées dans les jointures. On confectionne ces culasses QQ en cuivre ou en tout autre métal convenable. Quand elles sont préparées, on place P P, fig. 233, sur la culasse Qq, fig. 233, et ces deux parties sont attachées à une boîte ou sous une boîte convenable à cet effet.

Cette boîte, ou châssis, fig. 238, est garnie de huit ramures en cuivre OOO, attachées à ses côtés avec des vis, et ayant sur chaque face de la même pièce carrée un pivot de fer ou de tout autre métal convenable. A une extrémité du pivot sont fixées deux roues dentées assez éloignées l'une de l'autre pour permettre à deux autres, du même diamètre et de la même épaisseur, d'être placées entre les premières de manière que les pivots puissent tourner sans toucher aux autres roues marquées C et E. Les roues D et F sont assurées sur les pivots AA, au moyen d'une vis ou d'une cheville; et les roues C et E, étant attachées l'une près de l'autre, glissent le long de l'extrémité carrée de l'axe U au moyen du guide ou de la rainure V, qui est fixée sur un plan qui tourne dans le centre de la roue C, au moyen d'une attache et de deux vis qui l'assujettissent par le bas: ce guide repose dans les entailles pratiquées à l'autre extrémité de la boîte pour lui servir de point de repos.

Les entailles sont au nombre de trois de chaque côté de la boîte ou du compartiment W: la plus éloignée de la roue retient le guide V avec la roue E sur la petite roue F. En faisant mouvoir le guide dans le cran du milieu, on maintient les roues C et E entre les roues D et F; le cran le plus près des roues guide la roue C sur la grande roue D, de manière que la puissance devient bien plus grande quand on fait sortir ou qu'on tire de l'eau d'une grande profondeur.

Quand les roues C et E sont placées dans l'espace entre les roues inférieures, on fait mouvoir le manche à partir de l'axe supérieur U, et on le place sur l'extrémité de l'axe AA, en sorte que la pompe opère sans le secours des roues, suivant que l'occasion l'exige. Le mécanisme est garni de quatre tiges à anneaux, marquées BBB, afin de pouvoir y attacher des tiges plongeantes au moyen d'une jointure et d'une cheville; l'anneau est limé carrément en dedans afin de donner plus de jeu.

Fig. 235, représente le rouleau qui est formé de deux pièces en cuivre, l'une à moitié ronde, d'une épaisseur proportionnée à la force ou au volume de la machine, et l'autre ronde comme une roue ou feuille en forme de roue et de la même épaisseur que l'autre moitié: ce rouleau ou cette roue est coupée à moitié par le milieu de côté, le morceau en est retranché et coupé en queue d'aronde dans la largeur en proportion à l'axe. L'autre moitié est ensuite ajustée à la place d'où l'on a enlevé le plus grand morceau, et ces deux parties sont assujetties ensemble au moyen de deux vis, de manière que la roue ou le

rouleau reprend la même forme qu'il avait avant qu'on l'eût coupé. On pratique ensuite un trou dans le centre, et l'on fixe la roue sur l'axe ou les axes dont on vient de parler. Y, dans la fig. 236, représente la grande moitié de ce rouleau, et X. 237, représente la petite moitié, avec l'aronde qui est placée dessus, et remplit le vide ou l'espace pratiqué dans la plus grande moitié pour l'assujettir sur la base.

Les extrémités de chaque anneau de clef sont placées dans les rainures OOO, fig. 238, et les tiges des anneaux BBBB opèrent par des ouvertures dans le fond de la boîte : à cet effet une plaque de fer ou base est formée avec quatre ouvertures SSS, fig. 239, et est attachée avec des vis au fond de la boîte et du compartiment. Les tiges, étant adaptées par les trous dans cette plaque, maintiennent perpendiculaire l'action de la pompe, tandis que le cylindre roule en avant et en arrière dans l'anneau, suivant la manière dont les tiges sont poussées en haut et en bas par les axes, qui se meuvent et tournent alternativement. Quand on applique ce mécanisme sur une pompe foulante ou qu'on le place sur une pompe à feu, il produit l'effet qu'une plus grande quantité d'eau se décharge de la citerne ou de la machine : et comme il a une grande puissance, il est très nécessaire qu'il soit pourvu d'un robinet d'une dimension plus grande, afin de donner passage à une quantité plus considérable d'eau, qui se décharge de la citerne ou de la machine dans un temps plus court que de coutume. C'est pour cette raison que M. Tyrör adapte le baril, ou la partie du robinet où passe la clef, et le point d'arrêt d'un seul côté, de manière qu'il n'y ait qu'un arrêt à la cheville ou à la clef ; le point d'arrêt qui est sur le côté en pente donne un libre cours à l'eau sans occasionner en elle aucun bouillonnement dans son passage.

Voir les figures :

Fig. 240, profil du robinet.

Fig. 241, le même, vu d'en haut.

Fig. 242, la cheville avec le passage d'eau qui y est pratiqué.

Fig. 243, l'axe avec les roues dentées et à pignons, et les cylindres.

Fig. 244, l'axe supérieur, avec le plan amélioré de la crénelure.

Fig. 245, la tige du piston, dans le moment où elle s'attache au haut de la tige à anneau, comme pour servir sur un bâtiment.

Fig. 246, la pompe établie sur le pont d'un bâtiment, vue de face.

9. M. Richard Franklin a reçu un encouragement de la société des arts, pour quelques changements avantageux dans la pompe foulante, au moyen desquels l'eau peut être transportée dans le réservoir placé au haut d'une maison, afin d'en fournir toutes les chambres et cabinets où on peut en faire usage.

On a donné, fig. 247, une coupe de cette pompe.

A A sont deux pistons ; sur la surface supérieure de chacun est une double soupape *v v v* ; la tige du piston supérieur passe au travers de la boîte garnie B, et celle de l'intérieur au travers de la boîte garnie C. S est le tuyau d'aspiration, et D le tuyau de décharge.

Fig. 248 est une vue extérieure de la pompe ; *e e e* le levier ou le manche ; F le point fixe autour duquel se meut le manche ; G G le corps de la pompe ; *w w* les roues qui roulent sur elles-mêmes entre les cadres *x x*, *x x*, et qui maintiennent verticale la tige du piston ; *e p* la tige conductrice, qui commu-

nique le mouvement du levier au piston inférieur ; e o la tige dirigeante qui donne le mouvement au piston supérieur. Il est évident qu'en élevant le manche ou le levier, on presse vers le bas le piston supérieur, et l'on élève en même temps le piston inférieur, dont les soupapes sont alors fermées. Il pousse donc l'eau au travers du piston supérieur, et le fait par conséquent arriver au tuyau de décharge. En abaissant le levier, le piston supérieur s'élève avec ses soupapes fermées, et souleve l'eau qui est alors poussée dans le tuyau de décharge; en même temps, le piston inférieur descend, et, par cette action, ses soupapes sont ouvertes pour laisser passer une quantité d'eau égale au contenu du cylindre, moins la capacité des deux pistons. L'avantage particulier de cette pompe à double piston, c'est qu'avec un diamètre de 15 centimètres, elle décharge une quantité d'eau égale à 30 centimètres de cylindre, et ainsi dans la même proportion, en doublant toujours cette quantité quelle qu'elle puisse être; elle donne ainsi un produit précisément égal à celui de deux pompes communes du même jeu et de la même capacité de cylindre, et certainement avec un frottement et un travail proportionnellement moindres.

10. Les pompes dont on se sert ordinairement pour dessécher les mines ont bien des inconvénients; nous allons décrire les principaux.

Premièrement, comme il nécessaire que les pompes, en s'abaissant, maintiennent l'eau très basse dans la fosse, il arrive souvent que la machine va trop vite, et que la pompe, en tirant l'air à elle, entraîne, par la violence de son courant, de petits morceaux de pierre, de charbon ou d'autres substances, les place au-dessus du piston sur les soupapes, occasionne un retard considérable dans le travail de la pompe, et use le cuir de la machine.

Secondement, quand la machine est mise en œuvre, après avoir été ainsi ralentie dans son action sur l'air, de manière à ce qu'il reste une quantité d'air dans le corps de pompe avec de petites pierres déposées sur les soupapes du piston, il arrive souvent que la pression de l'air, à la descente du piston, n'est pas suffisante pour vaincre le poids des soupapes du piston chargées d'ordures, et de la colonne d'eau dans les tuyaux fixes; ainsi la pompe ne peut aspirer son eau. Le remède ordinaire est de retirer l'eau du corps de la pompe, jusqu'à ce qu'une quantité d'eau ait échappé par les côtés, et déplacé l'air. Cet inconvénient résulte souvent de l'espace trop grand et inutile qui se trouve entre le piston et le cliquet.

Troisièmement, comme les pompes sont suspendues dans la fosse par des cabestans afin de pouvoir les abaisser promptement et à mesure que l'eau baisse dans la fosse; les cordes, en s'étendant, surtout quand elles rencontrent du sable fin, font beaucoup de mal à la pompe, parce qu'elles la laissent reposer au fond, et sont cause qu'elle s'engorge. Mais l'inconvénient le plus grave, c'est que les mineurs, en transportant la pompe d'un endroit à l'autre, pour atteindre toutes les parties de la mine, la placent souvent hors de la verticale, et par là causent un immense frottement, qui en use considérablement toutes les parties, et met tout l'appareil en danger, en rompant les attaches et les supports, et en détachant les jointures des tuyaux.

C'est à ces inconvénients que M. William Brunton a cherché à remédier dans les mines de fer de Butterley, en Derbyshire; à cet effet, il a introduit



un tuyau latéral afin d'éviter l'attraction de l'air par la pompe, et pour régulariser l'action dans le corps de pompe, tant au-dessus qu'au-dessous du piston. Ce tuyau a une soupape d'arrêt que les mineurs peuvent diriger très aisément. pour conserver toute l'action de la machine sans attirer l'air, en faisant descendre l'eau de la partie supérieure du corps de pompe dans la partie inférieure, de manière que la pompe agit dans son eau propre. Au lieu d'avoir tout le poids de la partie inférieure, portant sur le fond, elle est fixée dans la mine au moyen de solives transversales, et le mineur n'a qu'à lever et faire mouvoir un tuyau, ou manche à vent additionnel, qui glisse sur l'extrémité inférieure de la pompe, comme un télescope, pour l'allonger par le bas; ce manche à vent est en outre recourbé et tourné comme une petite grue, qui, par la facilité avec laquelle elle tourne dans le sac en cuir, par son ouverture, peut aisément se déplacer, et être adaptée à toutes les nouvelles fosses pratiquées dans le fond par les mineurs. Les pompes sont supportées, dans la mine, par des solives placées en travers à une distance convenable, de manière à s'adapter à la longueur des tuyaux ou à celle de la pompe, qui est de 2<sup>m</sup>75; on met en travers des premiers d'autres petits morceaux de bois qui, étant taillés en demi-cercle, s'adaptent précisément autour des *flancs* de la pompe, en supportent le poids, et peuvent facilement être enlevés quand il s'agit de l'abaisser dans la mine; comme ils ne sont assurés par aucun lien, ils n'empêchent pas la pompe de monter, lorsque cela devient nécessaire, et que la mine se remplit d'eau.

Par ce moyen, les pompes restent stationnaires, et le tuyau aspirant s'allonge à mesure que l'eau s'abaisse dans la mine, jusqu'à ce qu'il acquière toute son action et qu'il ait toute son étendue; alors on baisse la colonne, et on l'appuie sur les autres bases les plus proches, en ajoutant un autre tuyau par le haut, de manière que la pompe reste stationnaire jusqu'à un enfoncement de 2<sup>m</sup>75; ainsi le tuyau du haut déchargera toujours l'eau au même niveau, et, au lieu d'être obligé d'allonger la colonne à chaque baisse, il ne sera nécessaire de le faire qu'après une baisse de 2<sup>m</sup>75.

Fig. 249. donne la construction de la pompe de M. Brunton; c'est une coupe qui passe par le centre du corps de pompe et du tuyau aspirateur. A est la porte, que l'on dévisse pour parvenir au clapet de la pompe; B est le corps de pompe avec le piston D qui se meut dedans. E est le clapet, que l'on a fait voir aussi dans les figures 250 et 251; F est le tuyau d'aspiration, et G G est une pièce d'allonge mobile, qui glisse dessus et referme l'autre, quand la pompe vient d'être fixée; mais quand la fosse augmente en profondeur, elle glisse sur le tuyau F pour atteindre le fond. La surface extérieure du tuyau intérieur F est cylindrique, et doit être très unie, de manière à pouvoir entrer exactement dans le tuyau extérieur G, dans lequel il peut se mouvoir d'environ 15 centimètres. Cette jonction devient tout à fait parfaite au moyen de cuirs que l'on place au fond du vase *aa*, qui contient de l'eau et du foin mouillé, afin de les maintenir dans un état d'humidité et de flexibilité, et par conséquent impénétrables à l'air. L'extrémité inférieure du tuyau aspirant G se termine par le canon R, qui est percé d'une quantité de petits trous, afin qu'il n'aspire pas la boue ni les ordures. Ce canon n'est pas placé dans la même direction que le tuyau, mais il est recourbé d'un côté, de manière à décrire un cercle quand on le tourne.

De cette manière, les mineurs, en le tournant autour et sur le tuyau F, peuvent toujours mettre le canon R dans la partie la plus basse de la mine. A mesure qu'ils creusent ou font sauter la mine plus bas, ils tournent le canon dans la fosse, et le tuyau, en glissant, atteint le fond du trou en s'allongeant, comme on le voit dans la figure. Par ce moyen, on n'a jamais besoin de placer le point d'explosion assez près de la pompe pour qu'elle soit en danger d'être endommagée, comme cela arrive dans la pompe ordinaire, et ce qui ne peut s'éviter, quand on en fait usage, qu'en écartant son pied d'un côté de la fosse; ce qui nécessairement place la colonne hors de la ligne verticale.

La construction du clapet est expliquée par les fig. 250 et 251; la première est une coupe, et la dernière est un plan. L L est un anneau en fonte, qui s'ajuste dans un espace conique, au fond du corps de pompe, comme on le voit fig. 249. Cet anneau a deux tiges U, qui en sortent pour supporter un second anneau en fer M M; précisément sous cet anneau s'étend une barre m, qui traverse d'une tige à l'autre, et porte deux vis ajustées en travers; celles-ci pressent au bas une seconde barre transversale n, qui tient le cuir des soupapes abaissé sur la barre transversale de l'anneau L, et cela le tient ferme en formant une charnière sur laquelle s'ouvrent les deux soupapes, sans qu'il soit nécessaire d'y faire des ouvertures à la manière ordinaire; mais le principal avantage, c'est que par ce moyen, on peut réparer le clapet, et y remettre un nouveau cuir avec bien moins de perte de temps, ce qui est un objet de très grande importance, car, dans beaucoup d'occasions, l'eau augmente si rapidement dans la fosse, que si le clapet vient à manquer, et ne peut être facilement réparé, l'eau s'élève au-dessus de la porte de manière à empêcher qu'on ne puisse y avoir accès; il n'y a pas alors d'autre remède, dans les pompes ordinaires, que de démonter tout le corps de la pompe, opération très longue et très coûteuse.

Dans la pompe de M. Brunton, on peut retirer le clapet à volonté, et en tout temps, en retirant d'abord le piston, et en faisant descendre une fourche en fer Z, qui a des crochets à l'extérieur de ces deux pointes; cette fourche, en tombant dans l'anneau M, saisira, avec ses fourchons qui s'écartent, le bas de cet anneau, et le tiendra assez ferme pour pouvoir le tirer en haut. Une autre partie de l'amélioration de M. Brunton consiste dans l'addition d'un tuyau H (fig. 249), qui est fabriqué en même temps que le corps de pompe, et qui y communique par le haut et le bas, précisément au-dessus du clapet. A la partie supérieure, le clapet est recouvert par une plaque plate et glissante qu'on fait mouvoir au moyen de la petite verge b, qui passe au travers d'un collet en cuir; cette verge est mise en mouvement au moyen d'un levier, en sorte que les hommes peuvent ouvrir et fermer la soupape au fond de la fosse.

L'objet de ce tuyau latéral est de décharger une quantité proportionnelle de l'eau qu'attire la pompe de manière à empêcher qu'elle n'attire l'air; quoique par suite du mouvement de la machine, on n'ait pas besoin de renvoyer ainsi une grande quantité d'eau par le tuyau latéral; cependant il ne serait pas possible, sans cette invention, de s'en servir d'une manière assez juste pour ne pas attirer en même temps quelque partie d'air; ce qui, dans ce cas, entraînerait des ordures et des morceaux de pierres dans la pompe, par suite de l'action de l'air. Un autre service que rend ce tuyau latéral est de faire

descendre l'eau dans la chambre du clapet, pour l'emplir quand la machine vient d'être mise en œuvre, et lorsque les pompes sont en repos, et que la partie inférieure du corps de la pompe et du clapet est vide.

11. Les fig. 252 et 253 donnent la coupe et l'élévation d'une pompe foulante à trois corps de pompe, d'une construction très ingénieuse, employée par M. Smeaton dans les nombreuses pompes à eau qu'il a construites au pont de Londres, à celui de Stratford et en d'autres lieux pour fournir de l'eau à ces villes. Elle a l'avantage que les soupapes sont très accessibles, et qu'on a toujours le volume d'eau que peut contenir le corps de la pompe, sans aucune de ces contractions, qui, en apportant une grande résistance au mouvement de l'eau, occasionnent une perte de puissance. Son action est établie sur le même principe que celui de la pompe ordinaire, avec la seule différence que les corps de pompe sont joints ensemble pour obtenir l'avantage d'élever un courant d'eau non interrompu.

AA sont des corps de pompe cylindriques; quand la pompe est petite, on fait ordinairement ces cylindres en cuivre; autrement, pour un plus grand appareil, on se sert de fonte. D'un côté, près du fond de chaque cylindre, s'avance un tuyau recourbé B, qui s'élève en tournant, et se termine par un bord que l'on visse au côté inférieur du chapelet où est la soupente L. Il y a aussi près du fond, au côté opposé du cylindre, un collet saillant, ou un court tuyau D, qui est couvert à son extrémité par une porte que l'on visse dessus, et que l'on peut ôter pour donner accès à la soupape *m*, au fond du cylindre. Les cylindres ont des anneaux ou des bords saillants, au moyen desquels on les visse par le bas au tuyau aspirateur H, qui est commun aux trois cylindres; un tuyau part de chacune de ses tiges, et se termine par un bord *h*, que l'on visse sur les autres tuyaux qui amènent l'eau à la pompe. Le bord supérieur, ou le haut du tuyau aspirateur H, a trois ouvertures qui communiquent chacune sous un des trois cylindres; chacune de ces ouvertures est recouverte par une soupape qui se ferme par le bas, comme on le voit dans la coupe, fig. 252. Ces soupapes sont faites en fer, et se ferment par le bas au moyen de charnières, comme une porte; elles sont recouvertes en peau au côté inférieur.

M. Smeaton fait faire ses soupapes avec la cheville de la charnière, portée en arrière de l'ouverture que couvre la soupape; elle est saillante au-dessus de la surface, du côté inférieur de la soupape; par ces moyens la soupape s'ouvre, en quelque sorte, sur le côté où est la charnière, aussi bien que sur l'autre, et toute obstruction qui pourrait se former intérieurement sera moins sujette à s'y arrêter, et n'aura pas une si grande puissance pour briser la charnière, quand la force de l'eau la fermera, qu'elle n'en aurait si la charnière était de niveau et près du bord de l'ouverture, parce que l'obstacle ne sera pas si près du centre.

La charnière est attachée à la pompe par la vis *w*, qui passe par le métal, et se visse à la charnière; en la retirant et en ouvrant la porte D, on détache la soupape, et on la retire pour en renouveler le cuir. Afin de faciliter cette opération on fait les portes D ovales, comme on le voit fig. 253.

On ajuste une autre soupape *n* semblable au haut de chacun des tuyaux B, pour fermer leurs ouvertures; elles sont toutes recouvertes par une chambre commune L, où est placée la soupape de refoulement, semblable à la chambre

aspirante, excepté que cette dernière a ses extrémités garnies de portes pour y donner accès; les tuyaux conducteurs sont dirigés de chaque bout de la chambre de refoulement, et il y a des rebords pour les unir ensemble. Chaque cylindre est muni d'un piston ou ressort M, qui consiste en trois plaques de métal assurées sur la tige. La plaque du milieu repose entièrement sur le cylindre, et y est adaptée aussi exactement que possible. Les plaques supérieure et inférieure sont un peu plus petites. Deux grandes pièces de cuir arrondies, plus larges que le cylindre, sont placées au-dessus et au-dessous de la plaque mitoyenne, et sont retenues fermement entre elles et les plaques inférieure et supérieure. Après qu'ils sont entrés de force dans le cylindre, ces cuirs se tournent en haut et en bas, autour des plaques inférieure et supérieure, et forment deux vases en cuir qui remplissent entièrement le cylindre, et ne permettent à aucun fluide de passer au travers.

Les parties de la pompe sont attachées ensemble par des écrous, ce que l'on verra mieux en jetant un coup d'œil sur les figures. La pompe entière est soutenue par deux supports, et au moyen de deux branches en fer de la chambre d'aspiration H; toute la pompe est fixée par des chevilles sur les deux supports.

L'action de cette pompe a lieu ainsi qu'il suit : quand le piston d'un cylindre est élevé, il y produit un vide, et la pression de l'atmosphère force l'eau de monter dans le tuyau aspirant H. Il y ouvre la soupape *m*, au fond du cylindre, et le remplit d'eau. Dans la descente du piston la soupape inférieure se ferme, et la soupape de refoulement *n* s'ouvre au moyen de l'eau que contenait le cylindre, et qui est poussée au travers de cette soupape dans la chambre L, et de là à tout endroit où la dirige le tuyau de force. Lorsque le piston remonte, la soupape *m* s'ouvre, et la soupape de refoulement *n* empêche, en se fermant, le retour de l'eau dans le cylindre. Les trois pistons opèrent en haut et en bas alternativement, de manière que, tandis qu'un cylindre envoie de l'eau au haut du tuyau de refoulement, les autres s'élèvent au haut du tuyau aspirant, et le troisième continue son action dans l'intervalle, quand le changement de mouvement a lieu entre les deux. De cette façon la pompe élèvera un courant d'eau continu, si l'on fait jouer les pistons comme il convient; ce qui s'exécute de la manière la plus avantageuse en plaçant des tuyaux d'aspiration à côté l'un de l'autre, sur le même axe, de sorte qu'ils agissent successivement et sans interruption.

12. Les bâtiments de guerre anglais ont quatre pompes à chaînes appelées *chapelets*, et trois pompes à la main qui sont toutes fixées dans le même puits où se trouve également renfermé le grand mât.

Le chapelet (figure 254) est une longue chaîne A portant un nombre suffisant de disques ou palettes *a* appelés *grains*, qui sont fixés sur la chaîne à des distances convenables; elle passe en bas au travers d'un tuyau en bois B, et retourne en haut de même sur l'autre côté D, les bouts étant joints ensemble. Cette chaîne est tournée sur deux roues E et F appelées *hérissons*. L'une est placée sur les tuyaux B et D du chapelet, et l'autre au fond dans l'espace compris entre les deux tuyaux par lesquels la chaîne monte et descend. En tournant la roue supérieure E, la chaîne est mise en mouvement. La partie inférieure des tuyaux en bois, dans laquelle monte la chaîne, est garnie d'un cylindre en cuivre percé de trous, dans lequel l'eau entre. Les disques ou pa-

lettes en cuir, en montant continuellement dans le tuyau, élèvent un courant perpétuel d'eau qui arrive dans un bassin supérieur, d'où il est conduit dans la mer par un tuyau en bois situé sur le côté du bâtiment. La pompe est mise en action par une manivelle ou par un cabestan C, qui est fixé sur l'axe de la roue supérieure, auquel on peut employer plusieurs hommes à la fois. De cette manière la machine peut décharger dans un temps fixe une bien plus grande quantité d'eau que la pompe commune, et cela avec moins d'incommodité pour les hommes employés à la mettre en œuvre.

Le chapelet, actuellement en usage dans la marine, est bien amélioré dans sa construction, si on le compare avec les premières pompes de ce genre. Son usage a été introduit par M. Cole, sous la direction du capitaine Bentinck. La chaîne de cette machine est simple et n'est pas très exposée à s'endommager. Elle est tout à fait semblable à celle de la pompe à feu, et il paraît que M. Mylne s'en est servi le premier pour cette pompe, afin de retirer l'eau des caissons au pont de Blackfriars. Elle a ensuite été employée à l'usage de la marine par le capitaine Bentinck, après avoir éprouvé quelques changements importants pour la rendre propre à cet usage.

Les anneaux de la chaîne (fig. 255) sont formés chacun par deux longues plaques de fer *ee* ayant un trou à chaque bout, et attachées ensemble au moyen de deux chevilles en fer rivées, qui servent en même temps à joindre les anneaux l'un à l'autre. Les grains qui sont attachés sur la chaîne sont deux plaques en cuivre *g* avec un morceau de cuir entre. Les roues de la chaîne sont faites de la même manière que les roulettes dont on se sert dans les moulins, au moyen de deux roues en fer fixées à 20 centimètres de distance sur les axes et jointes par diverses chevilles rondes du même métal, sur lesquelles repose la chaîne, dont les anneaux ont des crochets *b* qui s'attachent à ces chevilles ; ce qui assure la chaîne sur la roue et l'empêche de donner une secousse en arrière quand elle est chargée d'une colonne d'eau.

Cette pompe est beaucoup améliorée en comparaison des anciens chapelets dont on se servait auparavant sur les bâtiments ; car la chaîne de ces pompes était trop compliquée dans sa composition, et les roues destinées à la faire agir ne remplissaient pas leur objet, attendu qu'on n'était pas parvenu à empêcher la chaîne de glisser ou de faire une secousse en arrière sur la surface de la roue ; ce qui arrivait fréquemment quand les seaux étaient chargés d'une quantité d'eau considérable ou que les pompes étaient mises en œuvre avec violence. Les anneaux étaient trop courts, et la manière peu convenable dont ils étaient joints ensemble les exposait à un grand frottement en passant autour des roues ; ils étaient donc sujets à se briser dans des situations très dangereuses, et il devenait très difficile ou même impossible de réparer la chaîne.

La pompe de M. Cole est construite de manière qu'on peut aisément la remonter et la réparer quand elle est brisée ou froissée par la charge, et elle procure une bien plus grande quantité d'eau avec un moindre nombre d'hommes, comme on l'a vu par un essai que l'on fit de cette machine, comparée avec la vieille chaîne, sur la frégate *Scaford* ; voici quels furent les résultats de cette expérience : la nouvelle pompe leva une tonne d'eau en 43 secondes et demie avec quatre hommes, tandis qu'il fallut sept hommes avec l'ancienne pour élever la même quantité d'eau en 76 secondes.

On brisa à dessein la chaîne de la nouvelle pompe dans cette expérience, et on la fit tomber dans le puits ; après quoi on la remonta, on la répara et l'on s'en servit de nouveau, le tout dans l'espace de deux minutes et demie ; on ôta ensuite la roue inférieure de la pompe pour démontrer la promptitude avec laquelle on pouvait la nettoyer et la remettre en action après qu'elle avait été endommagée par le sable ou le gravier ; cette opération eut lieu dans quatre à cinq minutes. Ce sont là des avantages qui sont bien plus précieux pour un homme de mer que celui d'augmenter la quantité d'eau que peut élever la machine, à moins que ce ne soit dans une proportion très forte, et cependant les meilleures pompes ne sont pas capables d'en élever une bien plus grande quantité en faisant usage de la même puissance.

Le seul changement qu'on ait fait à la pompe de M. Cole, depuis qu'il en a introduit pour la première fois l'usage, il y a environ trente ans, c'est qu'actuellement on supprime la roue inférieure, les tuyaux ascendants et descendants étant unis par un tuyau recourbé en métal, de manière que la chaîne passe plus facilement qu'en se servant d'une roue. On peut ôter les manivelles et les remettre au besoin, de manière à ce qu'elles ne causent aucun obstacle ; elles sont assez longues pour que trente hommes puissent travailler à la fois. On a dernièrement proposé d'ajouter des roues à volants, ce qui n'aurait qu'un léger avantage et beaucoup d'inconvénients, attendu qu'elles occuperaient l'espace où les hommes pourraient se placer pour travailler, et que le but est d'en employer le plus grand nombre possible, sans qu'ils soient pressés au point de se gêner mutuellement.

14. Il est une méthode simple et ingénieuse de faire agir une pompe de bâtiment, dans le cas où l'équipage est trop peu nombreux ou trop fatigué pour remplir cette fonction, et où cependant elle est le plus nécessaire, c'est-à-dire pendant une grande tempête ; elle a été mise en pratique avec succès de la manière suivante par le capitaine Leslie, qui commandait les bâtiments *le George* et *la Suzanne* dans un voyage qu'il fit de Stockholm à l'Amérique du Nord.

Il fixa une barre en bois dont un bout surpassait le haut de ces pompes de 3 à 4 mètres, et l'autre se projetait par-dessus la poupe ; il attacha à chaque bout une poulie ; ensuite il lia une corde aux barres de la pompe ; et, après l'avoir fait passer par les deux poulies le long de la barre, il la jeta dans la mer, où elle tenait à un tonneau d'une capacité de 5 hectolitres, et qui en contenait environ moitié. Ce tonneau faisait l'effet d'un balancier, et chaque mouvement du bâtiment par la lame faisait travailler la machine. Quand la poupe descendait ou que la mer faisait soulever le tonneau par le mouvement des flots, la tige de la pompe descendait, le mouvement contraire la faisait élever et donnait à l'eau l'écoulement. Le bâtiment se trouva nettoyé dans quatre heures, et de cette manière l'équipage fut grandement soulagé.

15. *Pompes à main.* On en a construit de bien des façons pour l'usage des bâtiments ; et comme elles sont d'une grande utilité, nous allons en décrire deux ou trois des meilleures.

L'ingénieur M. Benjamin Martin a inventé une pompe de bâtiment à deux corps, mise en mouvement par une seule pompe aspirante, de manière à élever un courant d'eau non interrompu.

Cette pompe nous a paru si avantageuse que nous en avons représenté une

coupe, fig. 256. A est le tuyau d'aspiration qui conduit l'eau de la cale du bâtiment à la pompe où elle communique à deux caisses DD par les soupapes CC placées dans le fond. EF sont les pistons des caisses ayant doubles soupapes ; ils ne sont pas, comme d'autres, faits de manière à s'introduire dans les caisses, ce ne sont que de simples anneaux en cuivre auxquels sont adaptées les soupapes, et qui étant plus petits que les caisses, ont de grandes pièces en cuir attachées par dessus, dont les extrémités extérieures sont attachées aux côtés intérieurs des corps de pompe : de cette manière, lorsque les pistons agissent en haut et en bas, le cuir prête assez pour recevoir le mouvement, comme on le voit par la figure ; mais, étant serrés tout autour, ces pistons ne sont pas endommagés par le frottement et n'éprouvent qu'une légère résistance par suite de la raideur du cuir.

Pour attacher les extrémités du piston en cuir aux caisses, on les construit sur deux longueurs, la supérieure et l'inférieure ; et l'on introduit le cuir entre les deux jointures, de manière à ce qu'il reste lâche. La pompe est contenue au moyen des barres H qui sont fixés sur les caisses, et de chevilles pour presser la partie supérieure des caisses sur l'inférieure. Les deux caisses sont renfermées dans une boîte ou citerne BB fixée sur le pont du bâtiment avec des tuyaux en bois LL qui portent l'eau au dehors à mesure qu'elle coule par-dessus le haut des caisses dans la citerne. La pompe est mise en action par les tiges à piston HH, unies par des chaînes à la roue K, dont l'axe est soutenu par des supports du côté de la citerne BB ; elle est mise en mouvement par le double levier M, au bout duquel sont attachées des poignées transversales pour plusieurs hommes qui doivent travailler à la fois. La pompe de M. Martin opère on ne peut mieux ; le courant continu qu'elle lève l'action alternative de deux caisses sur un tuyau produit un avantage démontré par l'expérience ; car l'eau s'élève non seulement à mesure que le piston s'élève, mais continue de même lorsque le piston commence à descendre ; on a trouvé que la pompe fournissait plus d'eau qu'on ne l'avait pensé, d'après le calcul de la capacité des caisses et le nombre des mouvements qu'on donne à la pompe.

Pour rendre compte de ce résultat, il faut considérer que, comme cette pompe a ses deux grands pistons qui agissent, l'un en montant et l'autre en descendant alternativement, il faut qu'il s'élève constamment une colonne d'eau dans le tuyau, dont la vitesse dans un corps de pompe de 0<sup>m</sup>063, pour remplir des caisses de 30 centimètres de diamètre, doit être si grande qu'on ne peut l'arrêter tout d'un coup ou à la première descente du piston ; c'est ce qui produit le surplus d'eau. Malgré ces avantages qui sont propres à la pompe de M. Martin, il y a des objections graves qui s'opposent à ce que l'on puisse en faire usage à bord des bâtiments, quoique cette machine soit d'une grande utilité dans d'autres circonstances : d'abord, le peu d'étendue de son jeu la rend trop fatigante pour que les hommes puissent la mettre en œuvre tout d'un coup ; puis une objection encore plus sérieuse, c'est qu'en général le cuir reste sec et est sujet à devenir dur, de manière à se briser et à prendre des voies d'eau la première fois qu'on s'en sert, avant qu'il ait pu tremper, et qu'il deviendrait incommode de commencer par remplir la citerne d'eau.

16. Les dernières améliorations qui ont été faites dans les pompes à mains sont du capitaine Jekil, de la marine royale. Cet officier a proposé d'ajouter

à la pompe un récipient et une boîte garnie, par laquelle passe la tige de la pompe; par ce moyen, elle élève l'eau à une hauteur plus grande que la tête de la pompe, et en attachant une chausse à son orifice, par des moyens très simples on parvient à transporter l'eau à toutes les parties du bâtiment. Dans le cas où un bâtiment serait la proie des flammes, on peut la lancer avec force en la faisant passer au travers d'un tuyau. Sous ce rapport cette pompe devient d'une grande utilité.

L'idée de convertir cette pompe en une pompe à feu n'est pas nouvelle; on a essayé de parvenir au même but au moyen de pompes foulantes, employées de diverses manières; mais celles-ci ayant des tuyaux qui proviennent de la partie inférieure des réservoirs et des soupapes auxquelles on ne peut aisément avoir accès, sont toujours sujettes à s'obstruer, et c'est la raison pour laquelle on n'a pu faire introduire généralement cet usage.

Le récipient a toujours été un obstacle quand on le fait assez grand pour avoir toujours un courant égal. Le capitaine Jekil a levé toutes ces difficultés et atteint le but qu'on se proposait, sans altérer les parties matérielles de la pompe à main, et l'a rendue aussi parfaitement conforme à la pompe à incendie qu'on peut le désirer.

Cela se trouve expliqué par la fig. 257, qui est une coupe de la pompe dans toute sa longueur. A B C est la brimbale ou le levier en fer pour faire agir la pompe; elle porte à son extrémité une branche dans laquelle on passe une perche C, afin que plusieurs hommes à la fois puissent s'y attacher. D est le point d'appui en fer de la brimbale; il est attaché à la tête de la pompe au moyen de cerces en fer aux points E E et F F; ces cerces servent en même temps à renforcer le corps de la pompe. La cheville du centre doit être à la hauteur de 0<sup>m</sup>75 au-dessus du pont. H sont les anneaux de la pompe qui sont joints par une clavette ou par une cheville au bout de la brimbale, et qui tiennent le fer de la pompe I suspendu au moyen de la charnière g. I K est la tige de la pompe, faite en cuivre à la partie supérieure I, et en fer à sa partie inférieure K; à cette dernière est attaché le piston M. La soupape du piston est faite d'une manière très simple et très conforme à son but; c'est simplement une soupape formée d'une plaque ronde en cuivre, avec un trou pratiqué dans le centre pour recevoir la tige sur laquelle elle s'élève, tombe et recouvre l'ouverture du piston. Ce piston est formé d'un anneau en cuivre avec une barre transversale pour y attacher la tige, il est fait de deux épaisseurs l'une sur l'autre, entre ces deux épaisseurs est une espèce de godet en cuir qui se projette tout autour de la partie supérieure, et retourné par le haut, afin de pouvoir s'ajuster fermement dans le corps de pompe. Les deux anneaux sont tenus ensemble par la tige du piston qui les traverse tous deux et par un coin transversal placé au bas. L est la chambre en cuivre dans laquelle opère le piston; elle est bien ajustée dans le bois de la pompe, en sorte que l'eau ne puisse avoir de jour au travers, et est bien polie en dedans.

N est la boîte inférieure ajustée dans le bas de la pompe au-dessous de la chambre; autour se trouve un espace dans lequel on place de l'étonpe, et quand on l'abaisse, elle forme une jonction parfaite; sa soupape a la même construction que celle du piston, mais le haut de la cheville est muni d'un anneau ou d'une petite ouverture sur laquelle la soupape s'élève et s'abaisse. C'est par le moyen de cet anneau qu'on peut tirer la boîte en haut quand on a besoin de



la réparer, en montant d'abord le piston de la pompe et mettant ensuite un instrument en fer dans cet anneau. O O P est le récipient ; c'est un cylindre en feuilles de cuivre qui est soudé à un couvercle en cuivre. Dans le centre est également un tube aussi soudé, au travers duquel passe le trait en cuivre de la pompe ; ce tube est garni par le haut avec un collet du cuir rembourré pour empêcher l'eau de couler, il est en outre garni de chanvre et de deux cerceles en cuir.

R est l'endroit où se trouvent deux barres de fer qui passent par le haut de la pompe et qui resserrent le couvercle O O du récipient : elles sont affermies par les coins *d* ; ce n'est que par ces barres que le récipient est retenu en bas ; il n'y a un cercle de cuir qu'auprès de son bord, et celui-ci, étant serré dans l'entaille du bois, rend la jointure impénétrable à l'air. T est le tuyau de la pompe qui décharge l'eau. Quand on s'en sert comme de pompe à incendie, on attache une chausse aux jointures de ses anneaux avec des coins ou clefs. Ce tuyau est attaché à la pompe par quatre écrous à vis qui passent au travers du corps de la pompe, et il est placé dans la direction qui convient pour conduire à un récipient, fig. 258, qui joint la chausse des trois pompes du bâtiment. Fig. 259, est l'anneau qui sert de joint à la chausse. T représente le jet de la pompe fait en fonte, et vissé au corps de la pompe ; *ee* est le collet en cuivre avec la chausse X attachée autour, elle a deux tourillons auxquels s'ajustent deux anneaux *f*, un de chaque côté. Ces anneaux sont ajustés à la pièce de fonte T ; et au moyen d'une cheville *g* qui est passée dans l'anneau par derrière, ils sont retenus sans qu'on ait besoin de vis ou de tout autre moyen. Le collet *ee* est ajusté au tuyau et garni d'un cercle de cuir pour l'affermir et le ressermer. L'extérieur de la pompe doit être garni de cerceles de mètre en mètre, pour empêcher qu'elle n'éclate par l'effet de la pression de l'eau.

La disposition des trois pompes à main dans l'archi-pompe d'un bâtiment, rend leur union dans un récipient commun très convenable pour donner un même courant à l'eau, ce qui procure à cette machine une grande force et la rend plus capable d'éteindre le feu que ne l'est toute pompe mobile.

On place toujours les pompes à mains dans l'archi-pompe, sur le côté de *tribord* du mât principal : et comme l'une d'elles est la pompe qui sert de fontaine pour laver les ponts, elle a sa base dans un petit réservoir fixé au pied du grand mât ; on y conduit l'eau au moyen d'un tuyau qui passe par le côté du bâtiment et qui est pourvu d'une clef pour l'admettre à volonté ; il y a une pompe sur le côté de *babord* du mât ; les trois chaussees étant fixées par des anneaux de jointures d'un bout à chacune des pompes (fig. 259), et de l'autre à trois collets *kkk* d'un récipient (fig. 258), portent toute leur eau dans ce récipient, et une chausse, ajoutée par un anneau de jointure L au côté opposé du récipient, porte la totalité de l'eau à la partie du bâtiment où on désire l'envoyer. Le récipient a trois tuyaux *kkk* à un bout, qui prennent trois directions diverses, comme celles que prennent les chaussees en venant de trois différentes pompes ; à l'origine de chaque chausse est placée une soupape qui s'ouvre en dedans, afin qu'on puisse se servir du récipient pour une ou deux pompes seulement quand il s'agit de réparer l'une ou l'autre, ou afin que si l'une des chaussees venait à crever, l'eau ne puisse pas échapper par le tuyau en venant du récipient. Il y a deux anses attachées au récipient pour le lever

et le transporter à volonté; pour s'en servir il sera plus convenable de le placer sur le quillage de la principale écoutille, attendu que c'est là le point le plus central d'où on peut diriger l'eau dans toutes les directions. Z est un tuyau ou canule vissé au bout de la grande chausse X; on peut la dévisser à l'extrémité pour y ajuster des jets de différents calibres, de même qu'à toutes sortes de pompes à feu. La pression de l'eau pendant le travail comprime dans un petit espace l'air contenu dans le corps de pompe OOP, et sa réaction pour reprendre son premier volume égalise le jet de l'eau qui sort du tuyau de la pompe.

Dans quelques expériences sur cette pompe dont nous avons été les témoins, nous lui avons reconnu une action très efficace, et nous avons trouvé qu'une seule formait une excellente pompe à incendie.

Mais quand les trois pompes étaient combinées ensemble, leur force surpassait tout ce que nous avons déjà vu de semblable dans des machines de ce genre; on aurait pu lancer un jet de 0<sup>m</sup>025 de diamètre par-dessus le faite du grand mât d'un bâtiment de soixante-quatorze.

Bien que la longueur du manche C permette à plusieurs hommes de travailler à la fois, on gagne encore un surcroît de force en se servant d'une corde *n* attachée à la brimbale AB qui passe par une poulie simple attachée au tillac au point *m*, et de là le long du tillac du bâtiment: au moyen de cette corde on pourra employer autant d'hommes que l'on voudra à mettre la pompe en action, en ne laissant à ceux qui se trouvent au manche que le soin de le renvoyer en levant la brimbale.

Si le bâtiment vient à faire eau, et que l'on trouve que la boîte soit un obstacle au travail de la pompe, on peut retirer le récipient en ôtant le coin *d* et en enlevant les barres R qui le resserrent; puis, défaisant la clef qui réunit toutes les pièces *g* avec la tige de cuivre, et en ôtant la brimbale, on enlève le récipient par les deux vis de la boîte, on relie les pièces et on fixe l'œillet H dans les deux trous les plus bas, de manière à ce qu'il reçoive le haut de la tige en cuivre et empêche la brimbale d'avoir aucun jeu dans la louve.

Dans cet état la machine est changée en une pompe à main ordinaire; mais on peut replacer le récipient et le rendre propre à agir dans l'espace de deux minutes.

Pour empêcher qu'aucune partie de la machine soit négligée par insouciance, l'inventeur propose de se servir tous les matins d'une des pompes pour laver le bâtiment par le moyen de la chausse et du jet; ce qui serait plus efficace que de lever l'eau par les pistons comme on a coutume de le faire; la force avec laquelle on lance l'eau au moyen du jet, laverait très complètement toutes les parties du bâtiment, et même pénétrerait dans les embrasures où sont les pièces et dans tous les coins et recoins où on ne peut atteindre avec le balai; d'ailleurs, par cet exercice continu, on se trouverait prêt au premier signal, en cas que le feu vint à prendre au bâtiment.

17. M. Robert Clarke de Sunderland a proposé de faire de grandes améliorations dans la manière d'employer la force des hommes à ce travail, et ses propositions sont d'un genre à mériter que les marins en fassent l'objet de leurs réflexions sérieuses. Il est d'avis de changer la posture des hommes employés à la pompe, et de les faire asseoir au lieu de les faire agir debout, afin qu'ils opèrent comme on le fait quand on rame; ce qui est considéré par

les mécaniciens comme la position dans laquelle l'homme exerce le plus efficacement toute sa force, et doit être plus convenable aux marins qu'à toutes autres personnes, à cause de l'habitude qu'ils ont de cet exercice : il dit, pour s'opposer à la manière ordinaire dont on fait agir la brimbale, que cette position de l'homme lui ôte la force, et qu'il en faut beaucoup pour s'y maintenir pendant longtemps. L'homme, ajoute-t-il, est fatigué en se penchant tout d'un côté, et sa respiration est gênée en se renversant de l'autre. Il faut trop de mouvement dans l'articulation des épaules, les muscles qui agissent sur l'os du bras n'ayant pas assez de force pour soutenir l'effort qu'ils doivent faire quand le bras est en vibration sur l'articulation de l'épaule comme sur un centre, afin de communiquer ensuite la force à la main ; en outre, les bras s'affaiblissent tout à coup par l'action de s'élever au-dessus de la tête pour tirer et pomper au même instant. Ces deux changements de direction dans la force, tant pour attirer que pour pousser, sont trop continus et trop rapides pour qu'on puisse en faire longtemps usage ; d'ailleurs le corps, quand on se tient debout, est un poids sans action qui pèse continuellement sur les jambes.

L'exercice que l'on fait en ramant a une puissance étonnante, et l'homme est si fort à son aise, eu en faisant usage, qu'il peut le continuer pendant longtemps sans se fatiguer et de préférence à tout autre : car quoique le mouvement en soit large, il est facile pour toutes les articulations, et sa promptitude, comme la résistance qu'il occasionne, sont convenables aux muscles ; il n'est besoin que d'une force de soutien très modique, car le corps se trouvant appuyé, fait ses fonctions sans avoir aucun poids à supporter, et la respiration demeure libre. La manière de s'y prendre, pour faire mouvoir la pompe dans cette position, est simple ; le levier ou la brimbale est à angle droit avec une cheville, de manière qu'elle pend perpendiculairement lorsqu'elle est au repos au lieu d'être dans une position horizontale ; on attache à sa partie inférieure une barre, qui se trouve dans une direction un peu inclinée par rapport à l'homme qui est assis devant la pompe, ayant ses pieds appuyés. La barre a une poignée pour tenir à deux mains ; et dans quelques cas elle doit être assez grande pour que deux hommes puissent la saisir à la fois ; en la tirant et la poussant de la même manière que si l'on ramait, le levier perpendiculaire est mis en vibration, et le bras horizontal ou la partie recourbée à laquelle est suspendue la brimbale, éprouve assez de mouvement pour faire agir la pompe.

18. M. de Bonnard, en parlant des pistons de pompes dans le Journal des Mines, dit que les cuirs dont la circonférence de ces pistons est recouverte, sont bientôt usés par le frottement continu qu'ils éprouvent, et que leur renouvellement occasionne une grande dépense dans les mines d'une grande étendue.

En conséquence, on a fait usage, en Saxe, depuis plusieurs années, pour les pompes aspirantes, de pistons qui n'ont pas de cuirs extérieurs, et on est parvenu à rendre élastique la partie supérieure du piston, en la composant de pièces de bois qui se déploient ou s'ouvrent quand on élève le piston, et qui se ferment quand il redescend.

Pour parvenir à ce but, la partie du piston qui forme le seau est composée d'un certain nombre de petites pièces de bois mouvantes, disposées telles que *aaa* (fig. 260 et 261). Elles sont coupées obliquement et arrangées de manière à se couvrir l'une l'autre presque de la moitié de leur largeur ; un

cuir qui couvre la surface supérieure de chacune de ces pièces de bois, sert à les soutenir sans leur ôter le jeu convenable ; on attache à leur partie inférieure des morceaux de cuir qui leur procurent toute l'élasticité nécessaire. Ces cuirs sont reçus dans des entailles pratiquées autour du piston et qui se dirigent obliquement à ses bords. Il sont cloués aux pièces de bois et les extrémités de ces clous correspondent avec les entailles *c c c*, et au bord de la partie solide du piston par les vis *d d d*. Par cet arrangement chaque pièce de bois est mobile sur une charnière horizontale ; et quand on lève le piston, le poids de l'eau dont il est chargé en ouvrant ces pièces le force de se presser l'une contre l'autre, et contre les parois *r r* du corps de pompe, de manière qu'il ne s'échappe pas d'eau, et que ce piston remplit efficacement les fonctions du piston garni en cuir. Le bord intérieur des pièces mouvantes est recouvert de deux en deux de pièces de cuir comme est *e e e*, fig. 261, sur lesquelles le poids de l'eau agit comme sur les pièces mouvantes elles-mêmes.

Tous ces cuirs durent très longtemps, aussi bien que ceux des tuyaux, parce qu'ils ne sont pas sujets au frottement qui n'a lieu que sur les pièces mouvantes de bois. Quand le piston descend, l'eau qui élève les soupapes trouve un passage facile sans filtrer entre le piston et l'intérieur du corps de pompe ; et cet effet offre de plus l'avantage qu'il ne peut s'introduire des ordures dans les jointures, ce qui pourrait ensuite empêcher le parfait contact des diverses pièces.

On a fait en 1808 l'essai de ces pistons dans différentes mines de Saxe, et on l'a trouvé satisfaisant. Seulement il a été observé que l'usage de ces pistons était sujet à quelque inconvénient, lorsque les puits sont très inclinés ; attendu que la pression de l'eau n'étant pas égale sur toutes les pièces mobiles du piston, celles qui sont pressées les dernières laissent passer entre elles un peu d'eau. Cependant ces inconvénients n'existent que dans les pistons ordinaires.

On se sert, dans quelques endroits, de pistons avec des ressorts qui sont composés de pièces de frottement mobiles que l'on substitue aux cuirs dont on fait ordinairement usage. Nous savons qu'on se sert avec avantage de ces pistons dans les cylindres de quelques machines à vent ; mais les pièces de frottement sont dans ces pistons continuellement poussées, au moyen des ressorts, contre la surface intérieure du cylindre.

Dans le piston à couronne flexible que M. de Bonnard a décrit, les pièces mobiles en bois qui le composent ne frottent pas contre la surface intérieure du corps de pompe, excepté quand le piston monte ; attendu qu'elles sont alors poussées par le poids de la colonne d'eau qu'on élève, elles n'ont presque pas de frottement contre la surface quand le piston descend. Cet effet particulier assimile ce piston à ceux qui ont une couronne flexible en cuir, ou un seau, et lui donne un avantage décidé sur les pistons à ressorts avec des coussinets. On fait quelquefois usage, en d'autres endroits, de ressorts qui se meuvent dans des cylindres en fonte.

Ces pistons se composent de quatre pièces en cuivre *a a a a*, figures 262 et 263, qui ont chacune environ trois centimètres en hauteur et en épaisseur, et sont poussées horizontalement par deux ressorts *b b b b*. Ces pièces, que nous appellerons quadrants, servent à empêcher que l'air ne puisse échapper, quand

elles jouent sous les inégalités du cylindre dans lequel elles s'élèvent et descendent; elles sont chacune d'elles un peu plus longues qu'un quart de la circonférence du cylindre, et sont réduites vers le bout à la moitié de leur épaisseur.

Par ce moyen, ces quadrants sont parfaitement couverts aux extrémités et empêchent le passage de l'air dans une direction horizontale, tandis que les ressorts *bbbb* en préviennent le passage verticalement. Enfin, nous observerons que ces pistons parfaitement joints ont été trouvés très propres à pousser l'air avec une grande force; nous observerons, en outre, que les quadrants *aaaa*, étant en cuivre et frottant contre de la fonte, doivent durer pendant très longtemps, et que par conséquent la machine dont nous venons de parler a l'avantage de n'être pas sujette à de fréquentes réparations.

19. Les pistons suivants, décrits et recommandés par Béliidor, semblent être aussi parfaits que la nature des choses peut le permettre; nous les décrivons donc dans les propres termes de l'auteur, comme offrant un modèle dont on peut faire usage avec la plus grande confiance, même dans les plus grandes machines<sup>1</sup>.

« Le corps du piston a la figure d'un cône tronqué, avec un petit rebord (*fig.* 264); la figure 265 en fait voir le profil, et la figure 266 le plan supérieur, où l'on remarquera que cette boîte est traversée d'une barre DD, percée d'une mortaise E. Sur la surface de la boîte est appliquée une bande de cuir AA (*fig.* 265 et 267), embrassée par le bas d'un cercle de fer BB, que l'on encastre dans l'épaisseur du cuir qui a près de trois lignes. (7 millimètres).

« Le piston est couvert d'une soupape en cuir, fortifiée par des plaques de tôle ou de cuivre GG, faites en segment de cercle, comme le montre la figure 268. Au dessus de la soupape il y a aussi de semblables plaques, mais d'un plus petit diamètre, afin qu'elles entrent dans le corps du piston, comme le marque la circonférence ponctuée JK, n'y ayant que le cuir et les plaques supérieures qui reposent sur le bord de la boîte; ainsi le cuivre se trouve serré entre deux, à l'aide des quatre vis H, accompagnées de leurs écrous.

« Cette soupape s'applique sur la boîte, en sorte que le milieu EP soit posé sur la barre DD; et pour lier le tout ensemble, on se sert d'une croix de fer (*fig.* 269 qui est un profil coupé sur la longueur de la barre DD; la partie MN se pose sur le milieu FF de la soupape; alors le tenon EF traverse le trou E, et enfle une barre de fer QR (*fig.* 267 et 268), dont les extrémités s'encastrent moitié par moitié dans l'intérieur de la boîte, et dans son épaisseur, qui est échancrée dans cet endroit, de même que le cercle BB, qui se trouve soutenu par ce moyen, et serré contre la boîte en faisant entrer une clavette V dans la verge du piston et dans le trou I. »

Ce piston a tous les avantages de la force, de la fermeté, et une grande voie d'eau. La forme de la soupape, qui lui a fait donner le nom de *papillon*, est extrêmement favorable au passage de l'eau; et comme elle n'a que le demi-mouvement d'une soupape circulaire complète, il résulte que, lorsqu'elle se ferme, il retombe une moindre quantité d'eau.

<sup>1</sup> Architecture hydraulique, par Béliidor, tome II.

## POMPES A INCENDIE.

Quand le feu éclate dans un endroit où les maisons sont près l'une de l'autre, il cause des ravages si terribles, que tout individu qui s'est appliqué sérieusement à la construction d'une machine capable d'arrêter ce fléau, doit toujours être considéré comme méritant nos éloges.

Ceux qui se sont occupés, avec le plus de succès, à parvenir à ce but, sont MM. Newsham et Rowntree, dont nous allons décrire les machines.

*Vue perspective de la pompe à incendie de M. Newsham.*

Elle est représentée, fig. 270, à l'instant où on la met en mouvement.

Elle consiste en un réservoir A B, aussi long que large, et construit en planches de chêne dont les joints sont garnis avec des feuilles en cuivre. Ce réservoir est monté sur quatre roues, dont deux D et E sont vues dans la figure.

Cette machine est mise en mouvement avec peu de force, et peut être transportée partout où le besoin l'exige.

L'essieu de derrière, sur lequel la roue E et celle qui lui est opposée sont placées, est fixé en travers sous le fond du réservoir ; mais l'essieu de devant, qui porte la roue D, etc., repose sur une cheville ou boulon fortement attaché, dans une situation horizontale, au milieu du devant du réservoir. Par ce moyen, les deux roues de devant, ainsi que leurs essieux, ont un mouvement circulaire autour de la cheville, de sorte que la machine peut tenir ferme, sur un terrain mégal ou glissant, aussi bien que sur un terrain uni.

On voit dans le bas, près la partie postérieure de la machine, un tuyau en cuir F, dont on peut visser un bout, selon l'occasion, à un robinet en cuivre attaché à la partie inférieure du réservoir ; l'autre bout est plongé dans l'eau, que fournit un étang ou un réservoir pour l'incendie, etc. ; le tuyau devient un tuyau aspirant, qui alimente la pompe de la machine sans qu'on ait besoin de verser de l'eau dans le réservoir. En G, l'entrée et la sortie du réservoir sont garnis d'une grille pour empêcher les pierres, la boue, etc., de boucher les tuyaux. Ceux qui font agir les pompes de cette machine, font mouvoir les brimboles que l'on voit dans la figure, en les levant et les abaissant, et ils sont aidés par d'autres qui, debout sur deux marchepieds suspendus, pèsent alternativement sur chacun de ces marchepieds, et se tiennent fermes au moyen de deux attaches rondes et horizontales H I, fixées sur quatre poteaux verticalement placés, qui s'étendent jusqu'au fond du réservoir, et sont fixés et assurés sur leurs côtés.

Il y a sur l'auge de derrière une poignée en fer ou clef K, qui sert à ouvrir ou à fermer un robinet placé en dessous, sur le fond du réservoir, et dont nous expliquerons l'usage plus loin. L est une caisse pyramidale renversée, qui préserve les pompes et les récipients de tout dommage, en soutenant un marchepied en bois M, sur lequel se tient debout un homme qui, en s'élevant et s'abaissant, et en tournant le robinet N, dirige le courant d'eau à

volonté; ce robinet ou jet est fait de deux morceaux de tuyau en cuivre, dont chacun a un coude; le bout inférieur est vissé sur le bout supérieur F (fig. 271) du tuyau, qui passe au travers du récipient; la partie supérieure est vissée à l'inférieure par une vis à plusieurs filets, et serrée de manière à ne laisser échapper l'eau d'aucun côté. La forme conique du tuyau formant le jet sert à retenir l'eau dans son passage, ce qui, par l'effet du frottement, produit une telle force que l'eau, en jaillissant, est capable de briser des vitrages, etc. D'un autre côté, les soupapes et les tuyaux en cuir de la machine présentent un volume d'eau assez considérable pour fournir le jet dans sa plus grande force. On peut visser des tuyaux d'une longueur considérable à un bout de celui de la machine, et on peut y attacher, à l'autre bout, un ajustage en cuivre ou en bois, afin de conduire l'eau dans l'intérieur des maisons.

Entre la boîte pyramidale L et le devant de la machine, se trouve une forte barre de fer O, placée dans une position horizontale, sur le milieu du réservoir, et fixée à deux poteaux en bois, dont l'un P est placé entre les deux poteaux de devant des barres supérieures; et l'autre se trouve dans l'enceinte sur le derrière. Sur des points convenables de cette barre sont fixées, près l'une de l'autre, deux autres barres en cuivre, qui supportent les brimbales en bois, employées à faire agir la machine; les marchepieds qui leur servent d'auxiliaires sont suspendus à chaque bout par des chaînes en forme de chaîne de montre, et sont mis en mouvement en même temps que les manches ou brimbales; ils sont du même côté, fixés ensemble au moyen de deux secteurs en fer, et sont attachés à des endroits convenables de la barre horizontale. On peut voir ceux de devant au point Q; ceux de derrière, qui sont représentés dans des proportions plus grandes, figure 272, ne diffèrent des autres que par l'épaisseur; car les secteurs de devant sont faits pour porter chacun seulement une chaîne attachée par un bout à la partie supérieure, et par l'autre aux marchepieds; tandis que chacun des deux secteurs de derrière est assez large pour porter deux chaînes; une des chaînes est fixée comme celle des marchepieds de devant; les deux autres sont attachées par leurs extrémités inférieures, au bas de ces secteurs, et par leurs extrémités supérieures, au haut des barres du piston, afin de leur communiquer le mouvement. Voyez la figure 271, dans laquelle sont représentés les secteurs de derrière et leur appareil, comme les verrait une personne qui, placée entre les deux roues, regarderait le derrière de la machine.

Le carré au-dessus de la lettre A est une coupe de la barre sur laquelle sont placés directement au-dessus des deux récipients les deux secteurs BCA, et DEA, forgés ensemble. FGHK, et *ghk* sont les deux tiges qui portent les pistons; et les ouvertures, entre les lettres G-H et *g-h*, sont les espaces au travers desquels passent les parties postérieures des deux marchepieds. LM représentent deux fortes attaches rivées sur l'autre côté des barres sur lesquelles elles sont placées; à chacune d'elles est attachée une chaîne semblable à celle d'une montre, qui est fixée par ses extrémités supérieures aux extrémités supérieures D et B des secteurs en fer, par lesquels les marchepieds sont tirés tantôt en haut, tantôt en bas alternativement. Ces secteurs donnent aussi un mouvement alternatif, tantôt en haut, tantôt en bas, aux tiges du piston, au moyen de deux autres chaînes plus ombrées dans la figure, pour les distinguer des autres; celles-ci sont attachées par leurs extrémités

inférieures aux extrémités inférieures des secteurs E et C, et leurs extrémités supérieures qui se terminent par une vis mâle, sont ajustées aux tiges du piston au point F et f par deux écrous, de manière à ne pas laisser passer l'eau.

La forme des tiges des pistons, et la grosseur, ainsi que la position des chaînes qui leur donnent le mouvement, sont combinées de manière que l'axe vertical des pistons est exactement dans le milieu de la partie perpendiculaire des chaînes et de la partie supérieure de la tige du piston prises ensemble. PQ représente une des deux barres transversales. A leurs extrémités sont deux anneaux où passent les poignées que saisissent les ouvriers pour faire manœuvrer la pompe à incendie. Ces barres transversales s'appuient sur la barre du milieu, à quelque distance des secteurs.

On peut comprendre les autres parties de cette machine utile au moyen de la figure 271, qui représente une coupe verticale prise au travers de la ligne du milieu de la partie postérieure de la machine, ainsi qu'une coupe du réservoir à air, et celles des cylindres, avec les profils des secteurs de derrière et d'autres parties. A B est une coupe du fond du réservoir, et B est celle de l'axe de derrière. D E est la coupe verticale d'une forte pièce de cuivre fondu ou d'un métal dur, dans laquelle est pratiquée une ouverture représentée par le blanc qu'on a laissé dans la figure : cette pièce est fixée au fond du réservoir ; elle va de l'ouverture D au robinet W, et se partage ensuite en deux branches de manière à passer sous les deux cylindres ; on voit une de ces branches dans la figure, et l'autre se trouve précisément derrière celle-ci. Par ce canal, qu'on peut appeler le tuyau aspirateur, l'eau est conduite aux pompes, par la pression de l'atmosphère, soit du réservoir lui-même, soit de tout autre lieu plus éloigné, au moyen du tuyau en cuir F (fig. 273), que l'on visse au tuyau aspirateur au point D (fig. 271), sous l'auge de derrière Z, dont la grille est représentée par les barres horizontales. F G représente la coupe verticale d'un autre morceau de cuivre coulé ou de tout autre métal, qu'on peut appeler la pièce de communication ; car elle a deux ouvertures ou canaux propres à transporter l'eau de dessous les pistons aux deux ouvertures du réservoir à air ; on voit l'une de ces ouvertures ou de ces canaux représentée dans la figure ; l'autre se trouve exactement derrière, quoique dans une direction non parallèle. Entre la coupe du tuyau aspirateur D E et celle de la pièce de communication F G, on peut observer celle d'une des plaques en cuir qui empêchent que rien ne pénètre, et qui forme une des deux soupapes aspirantes ; l'autre se trouve précisément derrière celle-ci, sous l'autre cylindre. R S T est la coupe du réservoir à air en cuivre, et T V celle du tuyau conducteur ; celui-ci est vissé à la partie postérieure de la pièce de communication, et est attaché par le haut avec un collier en fer à une solive transversale.

Entre le bord du vaisseau à air et la pièce de communication, on peut voir la coupe d'une des plaques en cuir, qui empêche que rien ne pénètre, et qui recouvre une des deux soupapes de force ; il en existe une autre précisément derrière celle-ci, qui ferme hermétiquement l'autre ouverture de la communication du réservoir à air. On charge ces soupapes d'un morceau de fer, de fonte, ou de plomb, ayant un manche ou un conduit qui passe sur le devant de la soupape et s'y attache en dessous : il faut observer que, quoique les deux soupapes soient représentées toutes deux ouvertes, on ne les ouvre pourtant pas à la fois, car lorsque la pompe ne travaille pas, on les ferme au



moyen des poids qu'on place sur leurs surfaces supérieures. Quand elle travaille, deux soupapes s'ouvrent et deux autres se ferment alternativement par le mouvement des pistons et l'action de l'atmosphère, ainsi que par la réaction de l'air contenu dans le récipient. HI est la coupe d'un des cylindres de deux pompes qui sont aspirantes ou foulantes, comme on le voit clairement par la position des soupapes et par la fermeture des pistons, chacun desquels est composé de deux plaques de fer, de deux panneaux en bois et de deux morceaux de cuir aplati, dont l'un est tourné vers le haut et l'autre vers le bas. LK représente une des tiges du piston vers sa pointe; derrière celle-ci se trouve une des chaînes, dont on ne voit que la vis du haut, K; M est le bout de la barre du milieu, et N est une coupe du dernier des deux poteaux qui supportent la barre du milieu. O représente l'extrémité du profil d'un des marchepieds qui passe au travers des trous rectangulaires des tiges du piston comme dans la fig. 272. Le poids, qui se trouve sur ces marchepieds, les abaisse alternativement avec les tiges du piston, et ils sont élevés par le secours de l'autre rangée de chaînes, dont on voit le profil dans cette figure, et où elle est représentée placée sur un seul des secteurs (Voyez fig. 272).

PQ est une partie des barres transversales qui supportent les poignées, vue de profil, et XY représente une poignée en fer, au moyen de laquelle le robinet W peut être placé dans les diverses situations qui sont nécessaires dans l'emploi de la machine; on peut en comprendre le mécanisme au moyen des figures 275, 276 et 277, qui en représentent la coupe horizontale dans trois différentes positions; elle a trois ouvertures qui sont restées en blanc dans ces figures. Dans la fig. 275, la position du robinet est représentée quand les poignées XY ou K sont dans une direction parallèle à DE ou à la barre du milieu, comme dans les figures 270 et 271. Dans cette position, l'eau fournie par le tuyau aspirateur entre au point D, et coule directement par le robinet W vers la soupape sous les deux pistons. Dans ce cas, il n'y a pas de communication du cylindre avec l'intérieur du réservoir.

Dans la fig. 276, nous voyons la position du robinet lorsque la poignée XY est tournée à un quart de révolution vers l'œil, à partir de la position ci-dessus; dans ce cas il n'y a pas de communication des cylindres avec l'extrémité extérieure du tuyau aspirateur, mais l'eau versée dans la bache de devant et de derrière, et passant de là dans la cavité du réservoir, entre de côté dans le tuyau au point W, et, tournant à angles droits par le tuyau vers E, se dirige vers les corps de pompe. La fig. 277 représente le robinet W, quand le manche est placé diamétralement vis-à-vis la dernière position; dans ce cas, il n'y a pas de communication du bas du cylindre avec le réservoir sur le côté extérieur de la machine; et en conséquence l'eau laissée dans le réservoir peut, de cette manière, être employée quand la pompe a cessé son travail. Ces pompes à incendie sont faites de cinq à six dimensions différentes.

Les principes d'après lesquels agit cette machine, pour produire un courant continu, sont évidents. L'eau étant poussée dans le réservoir à air, comme dans l'opération des pompes ordinaires aspirantes et foulantes, comprimera l'air qu'il contient, et augmentera à proportion son jet, attendu que la force du ressort de l'air sera toujours en raison inverse de l'espace qu'il occupe; ainsi, quand ce réservoir sera à moitié rempli d'eau, le ressort de l'air renfermé, qui dans son état primitif a contrebalancé la pression de

l'atmosphère, étant maintenant comprimée dans la moitié de l'espace, sera égal à deux fois la pression de l'atmosphère; et par son action sur l'eau qui lui est soumise, la forcera de s'élever par le conduit, et de lancer un jet de 10 mètres de haut, moins l'effet du frottement. Quand le réservoir à air sera plein d'eau aux deux tiers, l'espace que l'air occupait ne sera plus qu'un tiers de ce qu'il était auparavant; ainsi son ressort sera trois fois aussi grand que celui de l'air ordinaire, et il poussera l'eau avec deux fois la force de l'atmosphère, c'est-à-dire à une hauteur de 20 mètres. De la même manière quand le réservoir à air sera aux trois quarts plein d'eau, l'air sera comprimé à un quart de son espace primitif, et l'eau montera avec trois fois la force de l'atmosphère, ou à une hauteur de 30 mètres, etc.

2. La pompe à incendie de *Rown-Tree* est une pompe à double effet, d'une construction toute particulière, et qui ressemble dans son action à la pompe à bière; mais comme elle est construite sur une échelle beaucoup plus grande, elle en diffère nécessairement.

Les fig. 278 et 279 sont deux élévations de la machine prises à angles droits. Elle est montée sur quatre roues. Les fig. 280 et 281 sont deux coupes perpendiculaires, l'une par rapport à l'autre, du corps de la machine ou de la pompe; les fig. 282 et 283 sont des parties de la machine. On se sert des mêmes lettres pour représenter les mêmes objets dans toutes les figures. A A A A, fig. 280 et 281, est un cylindre en fonte percé d'un grand nombre de trous. Il a 25 centimètres de diamètre et 38 de longueur. A chaque bout il porte un rebord sur lequel on peut visser deux couvercles avec des boîtes *a a* dans leurs centres, au travers desquels passe l'axe B B de la machine. Ces boîtes étant bien garnies de filasse autour du col, empêchent l'air et l'eau de passer. Le piston D est fixé à l'axe dans l'intérieur du cylindre, et le remplit entièrement au moyen de cuirs; au point E (fig. 281), une cloison, appelée *selle*, est fixée dans le cylindre, et s'ajuste parfaitement à la partie inférieure de l'axe, au moyen d'un cuir qui la rend impénétrable.

On a ainsi un cylindre que la cloison E et le piston D partagent en deux parties; sa capacité peut être augmentée et diminuée par le mouvement du piston; plus, les passages et les soupapes convenables pour conduire et diriger l'eau; c'est ce qui est nécessaire pour former une pompe. On pratique des conduits dans la même pièce que le cylindre; le conduit *d* pour amener l'eau est carré, et s'étend environ d'un tiers autour du cylindre; il se réunit au fond avec un tuyau *e*; à ses deux extrémités supérieures, il s'ouvre dans deux grandes chambres *f g*, qui s'étendent sur presque toute la longueur du cylindre, et sont fermées par des couvercles *h h* vissés dessus; *i, k*, sont des ouvertures carrées (indiquées par des lignes ponctuées, fig. 280) dans le cylindre, et qui communiquent avec les chambres; *l m*, dans *f g* sont deux soupapes qui ferment les extrémités du passage recourbé, et empêchent l'eau de revenir sur elle-même; *f n o*, sont deux passages au haut du cylindre pour diriger et conduire l'eau; ils ont leur issue dans le haut du cylindre, présentent avec le haut des chambres *f g* une surface plate, et sont couverts par deux soupapes *p q* pour retenir l'eau qui a passé au travers. La chambre *k* est vissée au-dessus de ces soupapes, et au-dessus du réservoir à air *k* (fig. 278 et 279): il sort un tuyau *w w* de chaque côté de ce réservoir auquel est vissée une chausse, comme on le voit fig. 280. Des leviers *x x* sont fixés à chaque

bout de l'axe, comme on le voit dans la figure 279; ces leviers sont munis des poignées H H, au moyen desquelles la pompe à incendie est mise en mouvement. Quand le piston se meut, comme on le voit (fig. 281), ce mouvement produit un vide dans la chambre *f*, et dans la partie du cylindre qui lui est contiguë. L'eau du tuyau *e* ouvre alors la soupape *m*, et remplit le cylindre.

Le même mouvement force l'eau contenue dans l'autre partie du cylindre à passer au travers de la soupape *q* dans la chambre *k*, et de là dans la chausse par le tuyau W; le piston étant tourné de l'autre côté, les soupapes s'ouvrent en sens contraire, et il y a également aspiration.

Le tuyau *e* est vissé par un bord à un tuyau vertical P (fig. 282), qui est joint à un autre tuyau en fer carré, attaché au fond de la caisse de la machine; un tube recourbé en cuivre, G, vient de ce tuyau par l'extrémité de la caisse, et est découpé en vis pour pouvoir y adapter la chausse d'aspiration quand on doit en faire usage; dans d'autres circonstances, on se sert d'un bonnet ou chapiteau que l'on visse bien serré, ainsi que d'un autre chapiteau en cuivre, au point H, et que l'on fixe également sur la caisse; plusieurs petits trous *y* sont pratiqués pour permettre l'entrée de l'eau dans le tuyau; dans ce cas la caisse de la machine doit être maintenue pleine d'eau au moyen des pistons. Les soupapes sont faites en cuivre, et tournent sur des charnières. Le principal avantage de cette machine est dans la facilité avec laquelle on la nettoie du sable et du gravier, ou d'autres obstacles que rencontre une machine à incendie, et qui s'amassent pendant qu'elle opère. Les chambres *f g*, étant d'une grande dimension, permettent qu'il s'y arrête impunément une plus grande quantité d'ordures qu'il ne s'en introduit ordinairement dans l'emploi de la machine à éteindre le feu; et si par hasard il en tombait dans le cylindre, ces matières sont doucement élevées par le piston dans les chambres sans qu'elles empêchent le mouvement de la machine; pour enlever tout ce qui a pu s'y introduire, il suffit de dévisser les deux plaques circulaires de 12 centimètres de diamètre des bords K K des chambres *f g*, et de les visser de nouveau quand la pompe est nettoyée. Ces couvercles à vis sont parfaitement et hermétiquement fermés sans cuir, et l'on peut les dévisser, nettoyer la machine et les visser de nouveau en très peu de temps, même en continuant à se servir de la machine, si on le juge nécessaire.

Les deux soupapes supérieures *p q*, et la chambre *k*, peuvent être nettoyées aussi facilement en dévissant le réservoir à air K K (fig. 278); par ce moyen, on pratique une ouverture de 12 centimètres, et on la referme hermétiquement sans se servir de cuir. On peut réparer la soupape au moyen de la même ouverture. L'usage du réservoir à air K K, de la même ouverture (fig. 278 et 279), est de rendre égal le jet de la machine pendant la courte intermittence du mouvement jusqu'au retour de l'action du piston; c'est ce qu'il opère par l'élasticité de l'air comprimé qu'il renferme, et qui force l'eau à jaillir continuellement, quoiqu'elle ne soit pas régulièrement fournie par la machine.

La pompe dont on a donné le dessin a été construite par la compagnie d'assurance *du Soleil* contre l'incendie, à Londres, et quelques expériences faites par l'agent de cette compagnie, M. Samuel Hubert, ont prouvé qu'elle répondait parfaitement au but qu'on s'était promis.

## MACHINES EMPLOYÉES DANS LES ARTS.

## DU CRIC.

Le cric est une machine dont on se sert pour élever des poids considérables.

La fig. 341, représente le cric simple ordinaire, dont on se sert à la main ; il consiste en une pièce de bois d'environ 75 centimètres de long, sur 25 centimètres de largeur et 15 centimètres d'épaisseur ; il présente dans sa longueur une entaille carrée dans laquelle est adaptée une barre de fer dentelée en forme de crémaillère B, terminée par une double griffe ou croissant à son extrémité supérieure ; un petit pignon s'engage dans les dents de cette barre de fer, et est supporté par des bandes de fer qui sont assurées par des vis à chaque côté de la pièce de bois. Une extrémité de l'axe du pignon sort à travers la pièce de bois, et porte une manivelle qui fait tourner le pignon, et par suite, monter et descendre la crémaillère B. La griffe placée au bout de la crémaillère soulève alors le poids sous lequel on l'a placée. Afin d'empêcher le poids du fardeau de faire retomber le pignon, la manivelle est retenue par un crochet ou une chaîne attachée à l'extérieur du bloc de bois dans lequel est la crémaillère.

Quand on a besoin d'une plus grande puissance que celle que peut produire ce cric ordinaire, on fait usage d'une combinaison de roues dentées, comme on le voit dans la figure : A A est le bloc en bois, que l'on fait dans ce cas assez large pour la roue dentée F, qui est fixée au pignon C, lequel s'engrène dans les dents de la crémaillère.

B G est un second pignon composé de quatre dents qui agissent sur la roue F, et l'axe de ce pignon sort par le côté du bloc de manière à ce que la manivelle puisse y être fixée. Le bloc A A est partagé en deux ; et l'entaille pour placer la roue F, ainsi que le pignon G, est pratiquée dans une des moitiés du bloc ; l'autre moitié est unie et supportée vis-à-vis les pivots de la roue et des pignons. Ces deux moitiés sont jointes ensemble par de forts liens ou frettes *b b* attachés à l'extérieur. La crémaillère porte à sa partie inférieure une griffe N, qui se projette de côté par une ouverture ou une entaille pratiquée dans la moitié de la face du bloc. Cette griffe peut être placée sous une pierre posée presque à la surface du terrain, et qui, par conséquent, ne peut recevoir d'action de la part de la griffe, placée en haut de la crémaillère. Pour empêcher le fer de descendre quand il est chargé d'un poids, le petit rochet *a* s'engage dans ses dents, mais s'en dégage en montant ; quand il ne faut plus retenir le poids on peut défaire ce rochet par le côté.

La figure 342 représente un cric à vis. Le bloc de bois AA est percé dans presque toute sa hauteur, et dans une assez grande largeur pour permettre à la vis de se mouvoir en haut et en bas sans toucher. La vis passe au travers d'un écrou *n* qui est fixé dans le haut du bloc A ; en faisant tourner la vis, on la fait monter par l'écrou, et on élève la griffe F. Cette griffe est fixée au haut de la vis par un collet arrondi qui permet à la vis de tourner sans faire tourner la griffe ; et la griffe N, qui se projette par une ouverture ou entaille

faite au côté du bloc, est ajustée à la vis au moyen d'un plus petit collet. Pour donner le mouvement à la vis, sa moitié la plus basse est taillée carrément pour recevoir une roue d'engrenage C; les dents de cette roue sont engagées dans un filet taraudé sur l'axe de la manivelle H, et des bandes en fer *ab* sont attachées à chaque côté du bloc, près de la moitié de sa hauteur, afin de supporter les bouts de l'axe de la manivelle et de la vis sans fin qui fait mouvoir la roue d'engrenage C. En tournant la manivelle, on force la roue C à faire son mouvement de rotation par l'action de la vis dans ses dents; et, comme la roue est adaptée sur la partie carrée de la vis, elle la fait tourner, et fait par conséquent mouvoir en même temps la vis en haut et en bas.

On a construit de petits crics selon le principe hydrostatique découvert par Pascal, et feu M. Bramah en a fait l'application dans cette machine, ainsi que dans beaucoup d'autres d'une utilité reconnue.

#### DES GRUES.

Les grues sont des machines avec lesquelles, au moyen de la roue et du pignon, l'on parvient à élever des poids considérables, et à charger et décharger les bâtiments sur les quais ou dans les ports, à emmagasiner les marchandises, ou à les décharger des chambres et magasins où elles étaient déposées.

On a adopté diverses méthodes pour tourner la roue, ou la partie de la machine qui en remplit l'office, en introduisant de longs bâtons dans l'axe, au moyen desquels il prend la forme de cabestan ou de vindas; ou en faisant passer par-dessus la roue une corde, qui la met en mouvement, ainsi que l'axe, au moyen du frottement. On a aussi adopté d'autres méthodes, telles que de former une roue creuse et de la faire mouvoir au moyen d'ouvriers dans l'intérieur, qui marchent sur ses côtés, et qui la font descendre par leur poids; ou enfin, en laissant à la roue la forme d'un plateau incliné, et en plaçant les ouvriers contre un bras fixe qui force la plate-forme ou la roue à se mouvoir sous leurs pieds.

La plupart des grues construites avec la roue et l'axe occupent trop d'espace, ce qui est un point très important, et ce qui est cause que dans les endroits où l'on faisait un grand usage des grues, elles ont été remplacées par la roue et le pignon, dont la construction est plus resserrée et plus convenable. La roue et le pignon sont généralement accompagnés d'une roue à déclie ou de tout autre appareil pour arrêter la manivelle, afin que dans le cas où l'ouvrier viendrait à cesser son action, le poids ne retombe pas à la place dont il vient d'être élevé.

Le bâti, ou la partie de la grue qui ne sert pas immédiatement à élever le poids, est divisé en trois pièces : le poinçon, la volée ou bec de grue, et le support. Le poinçon est la pièce verticale qui généralement est construite de manière à tourner sur son centre; la volée est le bras qui s'étend de la partie supérieure du poinçon, et qui, dans quelques cas, est horizontal, mais plus ordinairement fait un angle avec l'horizon; et le support est le morceau de bois qui soutient la volée, et qui s'étend de la partie inférieure du poinçon jusqu'à l'extrémité de la volée.

La forme de grue la plus simple est celle dont on se sert ordinairement sur les quais et les ports pour décharger les bâtiments ; c'est à cela que cette machine est le mieux adaptée à cause de sa grande puissance. Sa sole consiste en une forte solive supportée horizontalement à 3 ou 4 mètres du sol sur le haut de plusieurs piliers assurés très fermement dans le terrain même, et soutenus par des étais qui s'y rattachent dans toutes les directions. La partie supérieure de la volée est adaptée à l'extrémité de la solive horizontale, et le pivot inférieur repose sur un poteau enfoncé dans le terrain. La volée ou bras de la grue, que l'on appelle la potence, est un cadre en bois, triangulaire, et dont un côté est vertical ; il est supporté par le haut et par le bas sur des pivots, de sorte que le tout se meut et tourne autour comme sur un axe de mouvement vertical. Près de l'extrémité supérieure du poteau perpendiculaire s'avance une solive qui forme le côté supérieur d'un triangle, tandis que le troisième côté est un bras qui s'étend du pied de la perpendiculaire pour supporter la pièce supérieure ; à l'extrémité de cette dernière est suspendu un poids par une corde qui passe sur une poulie ; l'autre bout de la corde est levé autour d'un rouleau vertical ou cabestan qui tourne sur des pivots, l'un supporté par la solive transversale dont on vient de parler, et l'autre sur un poteau enfoncé dans le terrain. On fait tourner le cabestan au moyen de longs leviers horizontaux qui y sont attachés, et l'on emploie un grand nombre d'hommes pour les tourner ; ou bien on se sert de chevaux à cet effet. Comme les leviers peuvent être d'une très grande longueur, par rapport à la proportion du diamètre du cabestan sur lequel on lève la corde, la puissance de cette grue très simple est très considérable ; on peut encore la doubler au moyen de deux poulies attachées à la volée. Quand le fardeau est élevé à une hauteur suffisante, en tournant le cabestan, on fait mouvoir la volée sur son pivot, et l'on transportera de cette manière le fardeau dans une charrette ou dans une voiture placée sur la rive à côté de la grue.

Une autre sorte de grue qui est aussi commune que la première, mais que l'on n'emploie que pour des fardeaux plus légers, a les mêmes volées qui sont adaptées à la plupart des grues ; mais le cylindre sur lequel s'enroule la corde est placé horizontalement, et a une large roue verticale placée au-dessous ; elle est faite de deux roues fixées sur un axe, séparées entre elles à une certaine distance, et unies par des planches de manière à former un grand cylindre creux ou un tambour. Plusieurs hommes entrent dans ce tambour, et en marchant toujours dans l'intérieur donnent à la roue un mouvement continu de rotation et tournent la corde sur le cylindre. Il est surprenant que, quelque imparfaite que soit cette machine, on l'ait généralement adoptée depuis quelques années. Même lorsque la roue a 5 mètres de diamètre, les ouvriers ne peuvent marcher dessus en s'écartant de la perpendiculaire pour la faire tourner, et produire par-là l'effet efficace d'un levier, sans être exposés à de grands dangers et aux accidents les plus terribles ; car ils peuvent glisser et tomber dans la roue, où, le poids venant à se rendre maître de leur propre force, la roue retourne avec une extrême vitesse, entraîne les ouvriers dans sa rotation et les renverse d'une manière affreuse. D'habiles mécaniciens ont cherché à remédier aux inconvénients qu'entraîne la construction ordinaire des grues, en adoptant une méthode non seulement plus sûre, mais plus puissante ; nous allons décrire dans le présent article quelques-unes des meilleures de ces machines.

M. Padmore a inventé un moyen de remédier aux inconvénients que l'on veut de détailler, en plaçant un cercle d'alluchons ou de dents autour de l'extérieur de la grande roue, et en appliquant un rouleau muni d'un vindas pour le faire tourner; par cette addition la puissance de la machine se trouve augmentée en raison du nombre de dents de la roue et du nombre de bâtons dans la lanterne, et afin d'empêcher la roue de retourner sur elle-même entraînée par la force du poids, dans le cas où, l'homme se trouvant dedans, la machine viendrait à glisser ou à cesser de marcher; il a ajouté une roue à dé-clic au bout du rouleau. En fixant deux vindas aux extrémités de l'axe de la lanterne, les personnes chargées du travail de la grue ont le moyen de venir au secours des hommes dans la roue, dans le cas où le poids rend cette mesure nécessaire. Sur l'axe de la lanterne est aussi fixée une roue en bois munie d'une gripe que l'on pourrait presser avec force sur la circonférence de la roue, au moyen d'un levier, de manière à causer un frottement qui empêcherait le poids de descendre trop rapidement. Par ces moyens on pourra descendre et hisser des marchandises lourdes à volonté, et sans aucun danger pour les hommes qui sont dans la grue. Cette invention est très ingénieuse, mais le mouvement rapide de la circonférence des roues la rend infructueuse dans bien des cas, à moins que l'on ne place une petite roue dentée sur le même axe que la roue.

Feu M. Ferguson a inventé une roue que l'on tourne au moyen de vindas, avec trois lanternes dont les bâtons sont en nombre différents. Chacun de ces bâtons peut être appliqué aux dents d'une roue horizontale qui est montée sur un axe vertical, autour duquel se roule la corde qui supporte le poids. Cette roue a 96 dents, la lanterne la plus grande a 7<sup>m</sup>32, la suivante a 3<sup>m</sup>66, la plus petite 1<sup>m</sup>84; de manière que la plus grande exécute quatre fois son mouvement de rotation pendant le tour que fait la roue, la seconde huit fois, et la troisième seize fois. On fixe le vindas à l'axe de l'une ou l'autre de ces lanternes, pour le faire tourner, et tantôt à l'une, tantôt à l'autre, selon que le poids que l'on veut élever est plus considérable. Il y a aussi une quatrième lanterne qui agit dans les dents de la grande roue, et à son axe s'adaptent une gripe et une roue à rochet. Tandis que le poids monte, les dents de la roue glissent sous une entaille qui les saisit et empêche la roue de pouvoir retourner, en retenant ainsi le poids dans tous les points de son ascension, dans le cas où l'homme qui travaille au vindas manquerait de prise par accident, ou qu'il voudrait se reposer avant que le poids ne fût entièrement élevé. En faisant la part convenable au frottement, un homme peut élever, avec une grue de ce genre, de trois à douze fois autant que ses efforts pourraient en balancer au vindas.

On fait aussi usage, pour les grues, d'une construction de roues que nous allons décrire : quand on fait tourner la roue au moyen du vindas, il est à propos d'appliquer une roue à volant à son axe, pour rendre les efforts de l'ouvrier plus égaux; et, dans le cas où par hasard il abandonnerait le manche, empêcher le poids de s'abaisser assez vite pour causer quelque accident. Il est bon d'avoir plusieurs puissances dont on puisse faire usage avec ces sortes de grues, selon la pesanteur des poids que l'on veut élever. On parvient à ce but en se servant de plusieurs roues de diverses dimensions, qui tournent par un pignon plus petit qu'elles-mêmes. Ainsi, en supposant que le cylindre sur

lequel la corde ou la chaîne se roule, soit de 30 centimètres de diamètre, et qu'il ait une roue dentée de 96 dents fixée à son extrémité, il sera tourné par un pignon de 12 dents. Sur le même axe que ce dernier, est une roue de 32 dents que fait mouvoir un pignon de huit, mû sur un troisième axe portant la roue à volant; et de plus un vindas de 0<sup>m</sup>30 de rayon, pour être appliqué à l'un ou l'autre de ces trois axes, afin d'avoir à sa disposition trois diverses puissances. Ainsi, si on l'applique au point du cylindre, il doublera la puissance du balancier, parce que le vindas décrit un cercle qui est deux fois aussi large que le cylindre sur lequel tourne la chaîne; si le vindas est fixé au bout de l'axe qui porte le pignon de 12 et la roue de 32, il donnera à l'ouvrier une force de seize fois la puissance; et enfin, ses efforts seront multipliés soixante-quatre fois, si l'on place le vindas au pignon de huit. On rend ce mécanisme très complet en fixant une roue à volant sur l'axe du pignon de huit, pour empêcher tout accident; cette sorte de roue a plus d'effet qu'une roue à dents, et ne demande pas d'attention. Les fuseaux de tous les pignons peuvent glisser sur le bout, afin de désengager à volonté les roues de chacun d'eux à volonté, et pour que, quand on ne veut pas s'en servir, les roues n'éprouvent pas un frottement inutile contre ces pignons.

La potence d'une grue est une partie importante de cette machine; mais sa construction ordinaire a quelques inconvénients. La corde qui sert à élever le fardeau passe exactement par-dessus le boudon de la solive verticale de la potence, et se trouve resserrée entre les deux rouleaux verticaux, afin qu'elle puisse toujours être dirigée par la poulie, et se glisser à l'extrémité de la potence. Selon cette construction, toutes les fois que la potence tourne autour de son axe, la corde se ploie de manière à former un angle plus ou moins aigu, qui cause une grande augmentation de frottement, et produit un effort continu pour amener le bras de la potence dans une position parallèle à la partie intérieure des câbles. Ces inconvénients peuvent paraître peu considérables; mais, dans la pratique, ils sont d'une très grande importance, car ils exigent une bien plus grande puissance pour élever les marchandises, et l'application d'une force constante pour maintenir la potence dans la position nécessaire; en même temps la tension partielle qui est exercée seulement sur quelques parties de la corde, lorsqu'elle est ployée à angle aigu, l'use en très peu de temps.

Une forme de potence, inventée par M. Bramah, quoique fort simple, remédie à tous ces inconvénients, et en même temps réunit l'avantage très précieux de permettre à la potence d'une grue de débarquement de pouvoir tourner entièrement sur son axe, et de décharger des marchandises sur tous les points du cercle que décrit la potence.

On voit la forme très simple de cette construction dans la figure 343, dans laquelle A A représente la potence d'une grue de magasin qui se projette d'un mur. Elle a, comme d'ordinaire, à son extrémité une poulie, à laquelle on suspend les marchandises. L'amélioration consiste à placer une poulie au point S, pour abaisser le câble sur l'axe du mouvement de la potence; les collets ou anneaux *a a*, sur lesquels elle passe, sont pratiqués à cet effet. Le câble passe ensuite sous une poulie *b*, qui le conduit dans le bâti à la grue, ou machine qui sert à élever le poids. La poulie *b* peut être placée entre les collets *a a*, et alors il ne sera pas nécessaire de percer le pivot inférieur de la



potence. Si l'on veut que la potence décrive un cercle complet, au lieu des deux supports *a a*, fixés dans le mur, on se sert d'un pilier en fonte, pour supporter la potence, et les collets *a a* sont ajustés dessus. Le pilier est creux pour admettre le câble au travers, et il est fixé fortement dans une position verticale par une plaque en fonte sur son extrémité inférieure et vissé sur le poteau de la grue au-dessous de ces barres : il y a une autre poulie à la place de *b*, pour conduire le câble de la grue.

La figure 344 représente une grue montée sur quatre roulettes, pour pouvoir la transporter où l'on veut. On l'a employée à Ramsgate-Pier, à élever les pierres dont on se servait pour bâtir; cette machine est très propre à cet usage, attendu qu'elle ne demande point d'appui, et qu'elle transporte un poids de quatre tonnes au moyen de quatre hommes, ce qui est une puissance convenable pour le but qu'on se propose. Son projet et son exécution sont dus à M. Pierre Kier, qui s'en est chargé pour être employée à des travaux dans le port de Ramsgate. Sa base consiste en un cadre en fonte *AB*, ayant une surface de 0<sup>m</sup>85 et pesant deux tonnes; elle est établie sur quatre roulettes en fonte *b b*, dont une paire est fixée sur un axe ordinaire qui se meut autour d'un centre fixé à un des côtés du cadre. Cet'axe a un bras qui se projette en travers sous le cadre, au côté opposé, où un fer denté ou segment de roue est attaché, comme on le voit au point *c*, et s'engage dans un pignon *r*, qui est représenté devant le fer; on applique au haut de son axe un vindas au point *d*; ce pignon, en tournant, fait mouvoir les roues sur leur centre, pour diriger la grue quand on la transporte d'un endroit à l'autre. Une flèche en fonte *D F*, pesant 1168 kilog., s'élève au centre du cadre en fer; elle est supportée par des bras en chêne *E E*, fixés dans des caisses en fonte, hors de l'encadrement *A B* à ses angles, de manière à former une colonne perpendiculaire très forte, autour de laquelle se meut la grue entière. Le poids de l'encadrement et du rouage est supporté par un pivot en acier, ou par un goujon placé au haut de la flèche *F*, et dirigé par un collet qui embrasse la flèche au point *I*. Le cadre de la potence, ou la partie mobile de la grue, consiste en une longue solive *G H*, supportant la poulie *G* à son extrémité, il s'appuie sur le pivot du pilier vertical, et son autre extrémité supporte le cadre de tout le rouage *L M N*; à cette solive sont attachées deux autres solives verticales *Q Q*, auxquelles est suspendue la plate-forme *I K*, sur laquelle sont placés des hommes qui font agir la grue.

Elle est soutenue par un étai diagonal *I P*, et par une pièce transversale *R*, pour empêcher qu'elle ne s'enfoncé.

Le principe hydrostatique de M. Bramah peut être appliqué, de différentes manières, à élever des poids considérables, avec une grande puissance; on en a fait un usage fréquent pour des grues très puissantes. On ne se sert pas, dans ce cas, de rouage, de poulies, ni d'autres mécaniques ordinaires; mais on applique le principe connu sous le nom de paradoxe hydrostatique, qui a été trouvé depuis plusieurs siècles, mais dont l'application n'est due d'une manière avantageuse qu'à M. Bramah.

La plus simple de ces sortes de machines, est celle qui élève un poids très lourd à une petite hauteur. Un piston solide et imperméablement garni sur ses bords par des bourrelets de cuir ou d'autres moyens employés dans les machines hydrauliques, est adapté à un cylindre métallique suffisamment fort

et foré régulièrement. Le fond du cylindre doit être capable de résister aussi bien que les parties supérieures à la plus grande force qui puisse lui être appliquée. Au bas de ce cylindre est insérée l'extrémité d'un petit tube dont l'orifice communique avec l'intérieur du cylindre et y introduit l'eau; l'autre extrémité du tuyau communique avec une petite pompe foulante, par laquelle l'eau est injectée dans le cylindre au-dessous du piston, et qui doit être pourvue de soupapes pour empêcher le retour du fluide. Supposons maintenant que le diamètre du cylindre soit de 15 centimètres, et le diamètre du piston de la petite pompe à injecter seulement de 6 millimètres, le rapport entre les deux surfaces ou extrémités de ces pistons sera celui des carrés de leurs diamètres. Ceux-ci étant entre eux dans le rapport de 1 à 24, les surfaces seront entre elles comme 1 est à 576. En supposant l'espace intermédiaire entre elles rempli d'eau ou de quelque autre fluide dense et incompressible, toute force appliquée au petit piston agira sur l'autre dans le rapport de 1 à 576. Supposons le petit piston ou injecteur, dans le moment où il opérerait l'injection, repoussé par un poids de 100 kilog., ce qui peut se faire aisément au moyen d'un levier très long; le piston du grand cylindre serait poussé en haut avec une force égale à 576 tonnes.

La fig. 343 représente une grue construite sur des principes hydrostatiques, c'est-à-dire qu'elle travaille au moyen de l'injection de l'eau, par une petite pompe, dans un grand cylindre, auquel est adapté un piston pourvu d'une crémaillère en fer qui fait tourner un pignon sur l'axe d'un grand tambour, autour duquel la corde se roule et d'où elle passe à la potence.

A A représente la volée en fer, soutenue par deux tasseaux *a a*, projetés de la muraille du bâti dans lequel la grue est censée érigée. La corde passe sur la poulie S, et tombe à travers des trous dans les tasseaux *a a*, puis tourne sous la poulie *b*, et arrive au plus bas côté de la grande roue-tambour B. Le pignon C est fixé sur l'axe de cette roue, et ses pivots tournent dans de petits cadres de fer *d* rivés au sol. Le pignon C est mis en mouvement par les dents de la crémaillère D, et un petit rouleau, dont on voit le pivot en *e*, la presse par derrière, de manière à maintenir ses dents à la hauteur du pignon. La crémaillère est attachée au piston P du cylindre L, dans lequel réside la force pour mouvoir la grue. Le piston passe dans un collier de cuir bien tendu, placé à la partie supérieure du cylindre E, lequel ne permet aucune perte de fluide par le côté; ainsi donc, si l'on pousse de l'eau dans le cylindre, elle doit en chasser le piston. Le cylindre est soutenu par un châssis en bois F F, et porte un petit tuyau de cuivre *g g*, lequel, partant de sa partie la plus basse, communique à une petite pompe foulante en *h*; cette pompe est établie dans une bande de fer H où l'eau est contenue, et elle supporte le régulateur *ii*, sur lequel est placé le point d'appui du levier G, au moyen duquel deux hommes font jouer la pompe. L'extrémité supérieure du régulateur *ii* conduit la tige du piston de la pompe, et la borne à un mouvement vertical; *l* est un poids destiné à contrebalancer le levier G de la pompe. D'après ce que nous avons dit précédemment, l'opération de la machine est évidente; la puissance du cylindre D est proportionnée à sa dimension comparée à celle de la pompe; mais comme il n'agit que dans des limites fort étroites, le pignon et le tambour B sont nécessaires pour élever le poids à une hauteur suffisante. L'opération de descendre des marchandises par le moyen de cette grue est

extrêmement simple, puisqu'il ne faut qu'ouvrir un robinet à *m.* qui laisse échapper l'eau du cylindre dans la bache H. et le poids descend parfaitement à la volonté de la personne qui dirige l'ouverture du robinet; car en diminuant cette ouverture, on peut augmenter la résistance au point où on le désire, ou bien l'arrêter.

Fig. 345 est l'élévation d'un des côtés d'une grue. L'axe est fixe et attaché sur un cadre de fer dont les branches s'étendent en croix, et dont les extrémités sont vissées par de forts écrous à de gros blocs de pierre assez lourds pour faire plus que contrebalancer le poids qui doit être soulevé par la grue. Un pivot de fer fixé au sommet du poteau supporte le poids, une tête de fonte très forte porte le pivot, et a de chaque côté un support qui reçoit la pression du poids en station, et supporte l'effort de la potence. Celle-ci est formée par deux barres de fer; la pression latérale porte sur le bas du poteau, autour duquel tournent deux rouleaux pour faciliter son mouvement. Cette grue peut élever cinq tonneaux en toute sécurité.

## DES PRESSES.

La presse est une machine d'un usage extrêmement étendu; généralement construite en bois ou en fer, elle sert à presser ou comprimer fortement des corps.

Les presses à vis consistent ordinairement en six pièces, savoir: deux tables plates et unies, en bois ou en métal, entre lesquelles on place la matière qui doit être pressée; deux vis fixées à la table inférieure et passant à la supérieure par deux trous, et deux écrous en S qui servent à conduire la table supérieure qui est mobile, contre l'inférieure qui est stable et immobile.

Les presses employées pour exprimer les liqueurs sont de diverses sortes; et quelques-unes sont à beaucoup d'égards semblables aux presses communes, à l'exception que la planche inférieure est percée d'un grand nombre de trous pour laisser couler le jus dans un récipient placé au-dessous.

1. *Pressoir à cidre perfectionné, mû par un cabestan, fig. 284.*

AA est la base ou fondation avec ses supports, BB les jumelles, DD les pièces du sommet à travers lesquelles passe la vis, et qui, par conséquent, contiennent l'écrou; E la vis et ses appendices; FF le pont ou pièce en croix qui agit sur le pommage; GG la large planche sur laquelle la pulpe repose dans les sacs de cuir, et où l'on voit la manière dont la liqueur passe.

Cette sorte de presse peut être avantageusement employée pour presser des étoffes, du papier et autres marchandises; dans les papeteries pour unir et fortifier le papier, et dans les manufactures de draps, pour lustrer et donner un dernier fini à l'étoffe.

2. Deux plans d'une excellente *presse à vis pour un moulin à papier, fig. 285 et 286.*

AA est le lit de la machine formé d'une immense solive de chêne; chacune des jumelles B consiste en une longue barre de fer *bb*, fig. 286; elle est, par son extrémité inférieure, fortement attachée à la solive A, et reçoit dans le haut une barre de fonte massive D, à travers laquelle la vis E passe par son écrou, qui est solidement attaché en dedans. Les espaces ouverts *bb* sont

remplis par des pièces de bois C, qui soutiennent le poids de certaines parties de la presse, quand elle est en repos, mais qui ne portent rien, quand la presse agit sur quelque substance. Les objets à presser sont placés en *h* sur le support, et la table mobile G est pressée sur eux par la vis que fait tourner un grand levier qu'on introduit dans les trous de la tête de la vis F.

Les vis employées pour les presses à papier ont en général des filets si grossiers, et leur spirale est si rapide que l'élasticité du papier suffit pour les faire rebrousser. On fixe à cette presse une roue à dents *a*; et on applique à ses dents un crampon *e*, fig. 287, pour empêcher qu'elle ne retourne sur elle-même; le crampon est supporté par une barre *bd* qui se meut sur un centre en *B*, mais l'autre bout est retenu par un levier *fg*: quand on veut soulager la presse on retire le bout *f* du levier; cela dégage la barre *d, h*, et le crampon ne retenant plus la roue-raquette, la vis est repoussée.

3. Une presse à empiler très ingénieuse, et inventée par M. F. Peek, est représentée, fig. 288.

AA, monture de la presse; BB, les grandes vis, qui dans cette machine sont le contraire de celles ordinairement en usage, elles sont fixes et immobiles; C, barre de fer rond qui dépasse les côtés de la presse, et sur laquelle sont deux vis sans fin EE, qui travaillent dans deux roues dentées attachées aux écroux, et qui, en faisant tourner les manivelles D, conduisent les écroux et le support de bas en haut et de haut en bas des vis, suivant ce qui est nécessaire; F, un établi suspendu au support, et sur lequel se tiennent les hommes qui travaillent à la presse; cet établi, si on le juge convenable, peut être fixé à l'autre extrémité de la barre G. Le support de cette presse doit être formé de deux fortes pièces de bois liées ensemble par des écroux et des vis qui les traversent comme on le voit en *hhhh*. La grande utilité de cette presse consiste à pouvoir prendre deux charges à la fois, faisant ainsi le travail de deux presses, et d'une manière plus expéditive.

4. La presse *hydraulique* ou presse à eau, nommée aussi presse de *Bramah*, remplace, pour un grand nombre d'objets, la presse à vis, sur laquelle, elle a beaucoup d'avantages dans les cas où une forte pression est nécessaire. C'est une des nombreuses et utiles inventions de feu M. Bramah de Piccadilly; par elle on emploie très heureusement, pour plusieurs sortes de machines, la propriété que possèdent les fluides de transmettre la pression en tous sens.

Ces inventions consistent dans l'application de l'eau ou de tout autre fluide non élastique à diverses machines, de manière à donner, en certains cas, une immense force d'action, et dans d'autres, à communiquer le mouvement et la puissance d'une partie de la machine à quelqu'autre partie; enfin à communiquer le mouvement et la force d'une machine à une autre, quand leur situation locale et respective ne permet pas d'employer d'autre moyen.

On saisira facilement la première et la plus importante partie de l'invention en examinant la fig. 289, dans laquelle A représente un cylindre de fer ou d'autre matière suffisamment forte, parfaitement alésé, et sans la moindre aspérité. Dans ce cylindre est adapté le piston B qui doit être parfaitement impénétrable à l'eau par le moyen de cuirs ou d'autres substances dont on fait usage pour les pompes. Le fond du cylindre doit aussi être assez fort pour résister avec les autres parties de la surface à la plus grande force dont on puisse avoir besoin. Au fond du cylindre est insérée l'extrémité du tube C,

dont l'orifice communique avec l'intérieur du cylindre sous le piston B, où il est fermé par la petite soupape D : ce tube remplit le même office que le tube aspirant d'une pompe ordinaire. L'autre extrémité du tube C communique à la petite pompe foulante ou injecteur E par le moyen de laquelle le fluide est poussé dans le cylindre A sous le piston B. Supposons maintenant le diamètre du cylindre A de 30 centimètres, et celui du piston de l'injecteur E seulement de 6 millimètres ; le rapport entre les deux surfaces sera de 1 à 2304, et si l'espace intermédiaire était rempli d'eau ou d'un autre fluide d'une densité assez grande pour résister suffisamment, la force d'un piston agirait sur l'autre justement dans la proportion ci-dessus, savoir : de 1 à 2304.

Supposons que le petit piston du tube injecteur soit contrarié dans l'action de pomper ou d'injecter l'eau dans le cylindre A, par une force égale à 1000 kilogrammes, ce qui peut se faire aisément par le moyen du levier H ; le piston B sera poussé en haut avec une force égale à 2304 tonnes.

Telle est la construction d'une machine hydraulique par laquelle un poids de 2304 tonnes peut être élevé avec un simple levier à une hauteur égale, en beaucoup moins de temps que ne pourrait le faire aucun appareil construit d'après les principes mécaniques connus. Et il est bon d'observer que l'effet de tout autre mécanisme pour cet objet est contrarié par la complication des parties qui le rend incapable d'actions, passé un certain degré ; au lieu que les machines construites sur le principe que nous venons d'exposer lèvent toute difficulté de ce genre, et leur puissance n'a point de bornes précises. Pour prouver ceci, il faut seulement faire remarquer qu'une machine dont l'action dépend de ce principe peut prendre un accroissement indéfini, soit en augmentant les proportions du cylindre A, soit en appliquant une plus grande force au levier H.

La fig. 290 représente la coupe d'une machine par laquelle, au moyen de la compression de l'air, on produit à l'instant des effets étonnants.

A A est un cylindre avec son piston B, rendu imperméable à l'air par les moyens indiqués fig. 289 ; C est un globe creux en cuivre, en fer ou autre matière capable de résister à une force semblable à celle des fusils à vent ; D est un tube très fort avec une petite ouverture dans laquelle est le robinet d'arrêt E. Un des bouts de ce tube communique avec le cylindre sous le piston B, et l'autre avec le globe C. Supposons que le cylindre A ait le même diamètre que celui de la fig. 289, et que le diamètre du tube D soit de 6 millimètres comme celui de l'injecteur fig. 289 ; en injectant de l'air dans le globe C, par la méthode ordinaire, jusqu'à ce qu'il presse sur le robinet E avec une force égale à 1000 kilogrammes, ce qui est facile à faire ; et en ouvrant le robinet E, le piston B jouera dans le cylindre A A avec une force égale à 2304 tonnes. Il est évident, comme dans le cas de la fig. 289, que par des machines ainsi construites, on peut obtenir une puissance illimitée.

La fig. 291 est une coupe pour démontrer simplement comment le mouvement et la force d'une machine peuvent être communiqués à une autre machine par le moyen des fluides, quelle que soit leur distance et leur situation respective. A et B sont deux petits tubes unis et cylindriques, dans l'intérieur de chacun desquels est un piston arrangé comme nous l'avons indiqué en expliquant les fig. 290 et 289. C C est un tube conduit sous terre ou autrement, du fond d'un cylindre à l'autre, pour établir communication entre eux,

quel que soit leur éloignement, ce tube est rempli d'eau ou d'un autre fluide qui touche le bas de chaque piston; si l'on abaisse le piston A, on fait monter le piston B, *et vice versa*. Ainsi l'on peut faire battre des pieux, tourner des roues. et mettre tout autre mécanisme en jeu d'une manière invisible, par l'application d'une force appliquée à l'un ou à l'autre cylindre.

La figure 292 est une coupe qui donne un autre exemple de la communication de force et d'action d'une machine à une autre, et de la manière de faire monter l'eau des puits ou autres profondeurs, quelle que soit la distance de la place où la puissance opérante est appliquée. A est un cylindre de la dimension voulue, dans lequel est renfermé le piston B, comme dans les exemples ci-dessus. Dans le fond du cylindre est inséré le tube C, qui peut être foré dans une proportion moindre que ne l'est le cylindre A. Ce tube est prolongé dans les directions nécessaires jusqu'au cylindre de la pompe D, fixé dans un puits profond E E, et s'y joint au-dessus du piston F; ce piston a une verge G, agissant comme aux pompes ordinaires. A cette verge est lié, par une poulie, ou autrement, un poids H, suffisant pour contrebalancer le poids de l'eau dans le tube C, et élever le piston F quand le piston B monte. Ainsi, en supposant le piston B tiré en haut par sa verge, il se fera un vide dans le corps de pompe D, sous le piston F; et ce vide se remplira d'eau par la pompe aspirante, au moyen de la pression atmosphérique, de même que dans toutes les pompes établies au milieu de l'air. Le retour du piston B, déprimé dans le cylindre A, produit dans la pompe un choc du piston D, qui peut être renouvelé de la même manière par le mouvement du piston B, et l'action de l'eau dans le tube C. La verge G du piston F et le poids H, ne sont point nécessaires quand la profondeur du puits est telle que la pression de l'atmosphère puisse faire contrepois à l'eau dans le jeu de la pompe D, et dans le tube C. Un petit tube et un robinet dans la citerne I, sont destinés à charger le tube C.

Il est évident que, par ces moyens, l'on parvient à former des machines d'un pouvoir prodigieux, et susceptibles d'une grande extension. Si l'on tentait de multiplier la puissance au même degré, par des roues dentées, des pignons et des ridelles, il serait difficile de donner la force suffisante aux dents et aux ridelles, et la machine deviendrait embarrassante et très dispendieuse. Mais la machine de Bramah peut prendre la plus grande force dans une petite dimension. Elle n'exige qu'une exécution très précise. Toutefois M. Bramah s'est grandement trompé lorsqu'il a écrit que ce procédé était fondé sur un principe mécanique nouveau. Ce principe est connu depuis près de deux siècles, et l'on est surpris qu'il n'ait pas été appliqué plus tôt à des fins utiles.

5. *Presse à imprimer de Stanhope*. Vue en élévation, 293 et 294, et en plan, fig. 295.

A A, monture massive de fonte, formée d'une seule pièce : c'est le corps de la presse, dans la partie supérieure duquel est fixé un écrou pour recevoir la vis *b* : celle-ci opère sur l'extrémité supérieure d'un coulant *d*, adaptée dans une rainure en queue d'aronde, pratiquée entre deux barres verticales *e e* de la monture; sur la partie inférieure du coulant est solidement attachée la platine D D; et le coulant étant exactement maintenu entre les guides *e e*, la platine doit s'élever et s'abaisser, parallèlement à elle-même, quand la vis *b*

tourne. Le poids de la platine et du coulant est contrebalancé par le poids E, qui est derrière la presse, et suspendu au levier F : ce poids agissant sur le coulant le soulève et le soutient toujours au point de la vis.

A G sont deux pièces saillantes, faites en même temps que le corps de la machine pour supporter le train pendant le tirage : les coulisses H sont vissées sur ces pièces tout à fait horizontalement, pour que le train I roule sur elles, quand il est porté sur la presse pour recevoir l'impression, ou retiré pour ôter la feuille imprimée. Le train est mû par la manivelle K, avec un tour à courroies semblable à celui des presses en bois.

Sur l'essieu ou axe, est fixé le rouleau L, et des courroies sont passées autour; l'une s'étendant derrière la table pour la tirer en dedans, deux autres passant autour de la roue, dans une direction opposée, pour la tirer en dehors. Ainsi, quand on tourne la manivelle dans un sens, on retire la table, et quand on la tourne en sens contraire on la fait rentrer. Il y a aussi une courroie d'arrêt pour le rouleau à la base de bois M, de la monture, afin de limiter le mouvement du rouleau, conséquemment la course du train.

Le principal perfectionnement offert par cette presse consiste dans la manière de donner le mouvement à la vis *b*, ce qui ne se fait point simplement par le moyen d'une barre ou levier attaché à cette vis, mais par un second levier *e g*. Un court levier *g*, fixé à la vis *b*, à son extrémité supérieure, communique par une barre de fer, ou tirant *h*, à un autre levier *i*, d'un rayon un peu plus court, et qui est attaché sur l'extrémité supérieure du fuseau *l*; et le barreau ou manivelle *k*, y est fixé. Quand l'ouvrier fait aller ce barreau, il fait tourner le fuseau *l* qui, donnant le même mouvement à la verge *h* de la vis, fait descendre la platine et produit la pression; de plus, la puissance du levier *k* est transmise à la vis, en raison de l'effet nécessaire sur les différentes parties du tirage; ainsi, premièrement, quand le pressier prend le barreau K, il est dans une direction parallèle au corps de la presse, et le court levier *i* étant presque perpendiculaire à cette barre est presque à angle droit avec la verge d'union *h*; mais le levier *g*, de la vis, forme un angle considérable avec la verge, laquelle agit conséquemment sur un rayon plus court, pour faire tourner la vis; parce que le pouvoir réel exercé par une action sur un levier, n'est jamais considéré comme agissant sur toute la longueur entre les centres, mais, sur la distance comptée perpendiculairement au sens de l'action appliquée au centre du levier. Ainsi, quand le pressier se saisit du barreau *k*, le levier *i* agit dans sa pleine longueur, sur une étendue moins grande du levier *g*, sur la vis, qui conséquemment tourne plus rapidement que si la barre elle-même était fixée sur elle; mais en continuant de tirer, la situation des leviers change, celui de la vis *g* augmentant toujours d'action en longueur, parce qu'il approche davantage d'être perpendiculaire à la verge d'union; et en même temps le levier *i* diminue d'action en longueur, parce que l'obliquité du levier fait approcher du centre la verge *h*, et raccourcit la distance perpendiculaire; de plus, le barreau arrive à une position plus favorable au tirage, parce que le pressier tire presque à angle droit sur sa longueur.

Toutes ces causes combinées ont le meilleur effet pour produire une immense pression sans perte de temps; parce que, dans le premier exemple, le levier agit avec un mouvement croissant sur la vis, et fait descendre la platine très promptement sur le papier : en même temps les leviers ont pris une po-

sition qui leur permet d'exercer l'un sur l'autre une action plus puissante, laquelle continue d'augmenter tant que la barre est tirée en avant, et jusqu'à ce que le levier  $i$  et la verge d'union se trouvent presque en droite ligne; alors la puissance est immense et capable de produire la plus grande pression que la machine puisse supporter. Quelquefois le barreau est construit de manière à reposer sur un arrêt qui l'empêche d'aller plus loin, et règle le degré de pression. Mais, pour donner le moyen d'augmenter et de diminuer la pression, suivant les différents travaux, l'arrêt est mobile dans une petite étendue. L'on a aussi construit ces machines sur un plan meilleur, en plaçant à l'extrémité de la verge  $h$ , un régulateur par le moyen duquel on peut la raccourcir à volonté; pour cela on fait porter la broche qui joint cette verge au levier  $g$ , sur une pièce mobile qui glisse dans une rainure de cette verge, et sur laquelle agit une vis de pression. En raccourcissant ainsi la verge, on abaisse plus ou moins la platine, le barreau étant à son repos.

Le train de la presse est représenté avec les roues  $m m$  au-dessous, pour empêcher l'effet du frottement sur les coulisses  $H$ . On voit ces roues dans la fig. 296, qui représente une coupe de la vis et de la platine, avec le train vu en dessous : la fig. 297 est le plan correspondant. La fig. 298 représente la table renversée, pour montrer les roues; leurs axes sont fixés à des ressorts  $p$ , lesquels s'ajustent, par le moyen des vis  $r$ , de manière à ce que le marbre puisse être porté à la hauteur demandée. Le tout est réglé de sorte que, quand le train passe sous la presse, sa surface inférieure porte également sur les jumelles solides  $G$ , qui font partie du corps de la presse, et le supportent quand la pression est appliquée de même que le sommier dans l'ancienne presse; mais les roues, par leurs ressorts, agissent pour supporter une grande partie du marbre et des formes placées dessus, et diminuent le frottement, sans détruire cependant le contact du train sur les côtés, ce qui ôterait au marbre la solidité du support nécessaire pour résister au tirage. Ce n'est que pendant le temps où le train est sous la presse, que cet effet a lieu; parce que, lorsqu'il est dehors, les coulisses sur lesquelles montent les roues s'élèvent davantage; conséquemment les roues supportent tout le poids.

On voit, fig. 294, la manière dont les roues marchent dans les rainures des coulisses. Le marbre est de fonte et en forme de boîte, avec plusieurs compartiments en croix, faits d'une seule pièce et très forts, quoique d'un métal mince; la surface supérieure est rendue tout à fait unie de même que la platine, qui est aussi peu épaisse; le coulant  $d$  a sur son extrémité inférieure une plaque fixée par quatre écrous sur la platine, et s'unit ainsi avec elle.

Aux quatre angles de marbre, sont vissées des pièces de fer  $r$ , fig. 297, pour former les supports des coins poussés en dedans, à l'effet d'assujettir les formes dans la position nécessaire pour imprimer. Le tympan  $P$ , fig. 293, est attaché au marbre par des gonds, avec un gousset de fer, ou repos, pour le retenir quand il est rejeté en dehors; la frisquette  $R$ , est unie au tympan, et repose, quand il est ouvert, contre un cadre suspendu au plafond. Le corps de la presse  $A$ , est vissé sur la base de bois  $M$ , par des verrins qui passent dans les pieds  $s$ , projetés des parties inférieures du corps de presse. Une autre solive est fixée sur la première à angles droits, et forme une croix qui repose sur le sol. Les coulisses  $H$ , dans lesquelles doit glisser le train, sont soutenues sur la base par une tige de fer  $T$ .



L'avantage des presses en fer est une grande économie, et de travail et de temps. Le premier effet est obtenu par la belle disposition des leviers; la puissance de la presse étant presque incalculable au moment de la pression; et cet effet n'est pas accompagné d'une perte de temps correspondante, comme dans le cas des autres puissances mécaniques, puisque le pouvoir n'est exercé qu'à l'instant de la pression, étant employé auparavant à faire descendre la platine autant que possible. Cette grande puissance de la presse économise aussi le temps, en imprimant d'un seul coup la feuille entière, la platine étant suffisamment grande pour cela; tandis que celle des anciennes presses n'avait que la moitié de la dimension de la feuille. Avec une presse de Stanhope, toute la surface est imprimée en une fois, en appliquant moins de force sur la manivelle qu'il n'en fallait pour imprimer la moitié de la surface avec l'ancienne presse. Cela tient non seulement au levier, mais à la monture en fer de la presse, qui ne cède point; tandis que celle en bois cède toujours, et est même construite à cette intention, étant souvent rembourrée de substances élastiques, telles que le carton et le liège; or, dans ce cas, l'on perd beaucoup de puissance, car dans une presse élastique, la pression est obtenue en portant les parties à un certain point de tension, et l'effort pour revenir de ce point produit la pression; le barreau fait un grand effort pour revenir, ce qui ne sert qu'à rendre à l'ouvrier une partie du pouvoir qu'il a exercé sur la presse, bien qu'en réalité ce soit un travail additionnel, puisqu'il est obligé de soutenir l'effort plus longtemps qu'il ne l'aurait fait autrement.

Les presses en fer ont fort peu d'élasticité, et ceux qui s'en servent trouvent de l'avantage à diminuer l'épaisseur des étoffes du tympan jusqu'à la consistance d'un morceau de drap fin: alors le levier a peu de tendance à revenir, et le tirage est extrêmement facile, n'exigeant pas beaucoup plus de force pour le faire agir sur la dernière que sur la première partie. Il est de fait que la presse en fer est si différente de l'autre, que, quand un pressier expérimenté en fait usage pour la première fois, comme il n'a point senti la réaction à laquelle il est accoutumé, il ne peut croire qu'il ait produit aucune impression jusqu'à ce qu'il ait vu la feuille imprimée; et pendant plusieurs jours il continue à rejeter son corps en arrière, en travaillant sur la presse en fer, de manière à porter la manivelle sur son repos, avec un choc qui donne à son bras une forte secousse; en conséquence, la plupart des pressiers sont tentés de renoncer à la nouvelle presse après quelques heures de travail; mais quand ils se sont accoutumés à se tenir plus droits et à n'appliquer que la force nécessaire, le travail de presser leur paraît moins pénible que celui de faire aller le train; et des ouvriers qui n'ont jamais tiré que sur des presses en fer auraient beaucoup de peine à travailler sur les anciennes presses.

M. de La Haine a un brevet d'invention pour une presse à la Stanhope, parfaitement adaptée aux fins de l'impression. Le seul changement matériel est la substitution d'un spiral, ou plan incliné à la vis, qui est fixée au sommet de la presse; et un appendice en croix convenablement proportionné, fixé sur l'extrémité supérieure du ressort, lequel tient lieu de la vis, et agit contre le plan incliné qui reste stable. L'action diffère peu de celle de la vis, excepté que les surfaces peuvent être d'acier trempé; ce qui diminue beaucoup le frottement. L'inventeur de ce mécanisme, pour la presse commune,

est M. Roworth ; mais M. de La Haine l'a combiné avec les leviers et la monture en fer de la presse de Stanhope.

Une presse commune d'une grande simplicité, et possédant le même avantage en fait de puissance que celle de lord Stanhope, au moyen de ses leviers, a été exécutée par M. Mehurse de Denmark-Street.

6. En novembre 1813, M. John Ruthven d'Edimbourg a reçu un brevet d'invention pour un perfectionnement de la presse à imprimer, consistant dans les particularités suivantes : premièrement, les formes, les planches et autres substances qui fournissent l'impression, au lieu d'être placées sur une table mouvante, comme anciennement, sont établies sur une plate-forme stable pourvue de l'appareil connu par les imprimeurs sous les noms de tympan, frisquette, pointures, etc., pour recevoir la feuille de papier et la porter sur les formes dans la situation convenable, après que celles-ci ont été imprégnées d'encre. Secondement, le mécanisme par lequel la puissance de pression est produite, est placé directement sous la plate-forme ; et la platine, ou surface opposée aux formes, qui doit presser le papier contre elles, peut être portée sur les formes et liée avec les deux côtés ou extrémités opposés du mécanisme établi dessous, lequel tire fortement en bas cette platine et la presse sur le papier de manière à produire l'impression. Cela fait, la platine peut se dégager du mécanisme et être soulevée par le pied ou autrement pour permettre d'ôter la feuille imprimée et de la remplacer par une nouvelle.

Troisièmement, ce mécanisme qui produit la pression est une combinaison de leviers agissant solidairement au moyen d'un crank ou levier court, tourné par une manivelle, à laquelle le pressier donne le mouvement avec la main ou le pied.

La fig. 299 est un plan horizontal de la machine : la fig. 300, une coupe verticale, prise dans le milieu ; et la fig. 301, une élévation ; les mêmes lettres indiquant les mêmes parties dans chacune.

AA, marbre ou surface sur laquelle les formes sont posées, sa surface est très unie et peut être de bois, de pierre, de métal ou de toute autre substance employée aux marbres des presses à imprimer. Cette plate-forme est montée sur une forme de bois ou de métal, consistant en deux jambes BB, avec des traverses CC, ou tout autre support pour tenir la table à la hauteur convenable. Le tympan 8 et 9 est uni à la table par l'extrémité 9 à la manière ordinaire, et ouvert dans la position des lignes ponctuées 10 pour ôter ou mettre la feuille de papier, qui est contenue par la frisquette 11, comme à l'ordinaire ; les lignes ponctuées 12 représentent le support pour le tympan et la frisquette lorsqu'ils sont ouverts.

En assujettissant les formes sur le marbre, ou en faisant ce que les imprimeurs appellent le registre, on peut introduire des coins aux angles suivant l'usage ordinaire ; mais le meilleur moyen est d'adapter les vis 13, 13, aux encorbellements fixés aux bords du marbre.

Sous la tablette sont les leviers DE, DE ; leur point d'appui est en D, et ils agissent sur de doubles crampons FF. Quand leurs extrémités E sont déprimées par le moyen du troisième levier J, G, posé par-dessous les deux autres et commun à chacun d'eux, ces leviers étant réunis par l'anneau a. le point d'appui du levier est en G, et H est un troisième point auquel la puissance motrice est communiquée par une verge d'union K, dont l'extrémité

opposée est adaptée au levier *L M*, qui tourne autour de l'axe *L*. Ce levier s'étend vers la partie antérieure de la machine, et est mis en mouvement par le pressier au moyen de la manivelle *N*, fig. 299.

*O O*. Platine de la presse, en bois ou en fer; sa surface inférieure qui presse sur les caractères *bb*, doit être parfaitement dressée. Sur la tablette *AA*, au sommet de la platine, est une forte barre de métal *P*, qui peut être coulée d'une seule pièce avec elle, ou bien y être fixée par les vis *r r*: à ses extrémités sont des boulons *d d*, qui sont également adaptés par des vis; ils doivent avoir à leurs extrémités inférieures des têtes exactement appropriées aux crampons doubles *F F*. Ces boulons servent à lier la platine aux leviers *D E*, *D E*, en sorte que la pression se produit quand on tourne la manivelle dans la direction indiquée par la flèche, fig. 300. Cette manivelle, en faisant tourner le levier *M* autour de son centre *L*, pousse la verge *K*, laquelle agissant sur le point *H* du levier *G H J*, le fait mouvoir sur son centre *G*, et déprime le point *I*, qui étant lié avec les extrémités *E* des leviers *D E* par le chaînon *a*, leur communique son mouvement, et force la platine à s'appuyer sur le tympan par les crampons *F F* et les crochets *d d*. En ramenant la manivelle *N* à sa position première, la pression cesse, et l'on peut déplacer la platine de la manière suivante. À l'extrémité de la barre *P* sont fixés deux ressorts *e e*, fig. 299 et 301, et à leur extrémité sont des petites roues marquées *f*, construites de manière à tourner facilement sur leur axe. Leur circonférence porte une gorge; elles se meuvent sur le bord supérieur des deux coulisses *R R*, qui se prolongent sur le corps de la presse et font une saillie suffisante, en arrière; comme dans les fig. 299 et 302; elles sont alors soutenues par les goussets *g* de la fig. 302, s'il est nécessaire. Sur ces barres et ces roues, que l'on peut remplacer par des coulants, la platine joue librement, et peut être poussée en avant ou en arrière des formes, mais quand elle est placée au-dessus, les verroux *d d* entrent dans les crampons *F F*, prêts à recevoir l'action des leviers, et à donner la pression sur le tympan.

Les ressorts *e* sont ajustés de manière que, quand la platine avance ou recule sur les coulisses *R*, sa surface inférieure se trouve suffisamment élevée au-dessus du tympan pour s'en dégager; mais quand les crampons *dd* et *F F* ont pris, et que la pression est donnée par l'action de la manivelle *N*, ces ressorts cèdent, quoiqu'ils soient assez forts pour relever la platine au-dessus du tympan aussitôt que la pression a cessé.

Pour tirer la platine en avant sur les formes, une manivelle *h* est fixée au-dessus, et le pressier la conduit avec la main; mais elle peut aussi être mise en mouvement avec le pied de la manière suivante: sur les deux roues de devant *ff* passent des courroies *kk* qui les unissent aux deux extrémités supérieures des deux grands leviers *mm*, fixés sur un axe commun *n*, fig. 300, et s'étendant à travers toute la machine près du sol. Un court levier *o*, fig. 301, est fixé sur l'axe, et une verge *q* unit ce levier au bout du levier courbe *ri*, dont le bras *i* est assez large pour servir de soutien pour le pied; en déprimant ce bras, *r* tire le court levier *o*, et le long levier *mm* fait avancer la platine parallèlement et la conduit aux crampons *F F*.

Pour donner de l'ensemble aux opérations, les centres *DD* des grands leviers ou du levier inférieur *G*, aussi bien que les pivots *L* de la manivelle *N*, sont tous supportés dans une forme composée de deux jumelles métalliques

SS, disposées sous la table et réunies là par le moyen d'une vis ou autrement, comme on le voit par les lignes ponctuées dans le plan, fig. 299.

La puissance de la presse dépend du rapport qui existe entre les différents leviers et du rapport entre l'espace décrit par le mouvement de la manivelle N et la descente de la platine O. Mais il faut observer que la puissance de cette presse augmente à mesure que la manivelle redescend à la position horizontale comme dans la fig. 300 ; premièrement, parce que la manivelle est alors dans la position la plus avantageuse pour recevoir le corps de l'ouvrier ; secondement, parce que les leviers LM se trouvent dans une position qui leur donne un grand pouvoir pour pousser la verge K à la position indiquée par la ligne L 2 ; en effet, lorsque le levier et la verge se trouvent en ligne droite, le pouvoir du levier sur la verge K est infiniment grand ; troisièmement, parce que le levier GH est alors dans la position marquée G 2, qui est la plus favorable pour recevoir l'action de la verge K, puisqu'il lui est perpendiculaire ; quatrièmement, parce que le levier I est situé de manière à exercer une plus grande tension sur les chaînons *a* et sur les leviers DE que quand il est horizontal. Toutes ces causes combinées ont le meilleur effet pour épargner du temps et produire une immense pression ; car lorsque la pression commence à porter sur la manivelle N, elle n'agit qu'avec peu de force relativement à la puissance des leviers, conséquemment elle conduit très promptement les tympan sur la platine avec peu de perte de temps et de mouvement jusqu'à ce qu'ils aient pris la position dans laquelle ils exercent une action plus puissante les uns sur les autres, comme il est dit ci-dessus ; cette action continue à s'accroître jusqu'à ce que le levier LM et la verge K arrivent presque sur la même ligne. Alors la force est immense et capable de produire la plus grande pression que la presse puisse supporter. La manivelle N est construite de manière à rencontrer un arrêt qui l'empêche d'aller au-delà de la position marquée par les lignes ponctuées, et règle par conséquent le degré de pression convenable. Pour augmenter ou diminuer cette pression à volonté, on s'y prend ainsi qu'il suit : le trou central de l'axe H est pratiqué dans une pièce adaptée à une rainure sur la verge K ; en faisant glisser cette pièce dans la rainure, elle fait l'effet d'un allongement de la verge, lequel produit une descente plus rapide de la platine quand la manivelle arrive sur son arrêt, une vis *s* est placée à l'extrémité de la rainure pour l'assujettir et l'empêcher de se relâcher en travaillant.

On produira le même effet en serrant les écrous qui sont adaptés aux vis du sommet des boulons *dd*, ou bien en relâchant les vis *r* et disposant une garniture entre celle de la platine et la barre P : on peut se servir de ce même moyen pour mettre la platine de niveau, si elle imprime plus sur une partie que sur les autres.

On peut aussi appliquer des ressorts pour empêcher toute secousse ou relâchement des assemblages, et cela de différentes manières : soit en fixant sous la tablette un fort ressort qui agit sur la baïonnette F, l'élève et maintient la jointure tendue ; ou bien, en disposant un petit ressort sur le levier DE, comme on le voit sur le côté opposé, pour élever la baïonnette F ; si on fixe un autre ressort sous le levier en reposant son extrémité sur une goupille, dans la monture, on élèvera le levier et le chaînon *a* de manière à les maintenir tous suffisamment tendus pour le travail. Si l'on trouvait moins convenable que la verge K

poussât les leviers par le bout, on pourrait trouver un autre moyen, en plaçant le levier M sur le ressort L au lieu de le placer au-dessous, et en renversant de plus la forme du levier GHI; les points G et H resteraient comme ils sont, mais le point I serait du côté opposé du centre, savoir, au-dessus, et par ce changement on produirait la pression, non en poussant la verge K, mais en la tirant.

La fig. 302 représente un autre arrangement du levier pour une presse. Les mêmes lettres indiquent les mêmes parties que dans les autres figures. Ainsi A est le marbre, D E les leviers, F les baïonnettes, O la platine, P la traverse; les bouts E des leviers sont liés ensemble par un anneau a, avec un troisième levier T W, dont le centre est en V; la puissance est appliquée à l'extrémité de ce levier par une chaîne t, passant sur une poulie ou rouleau v, d'où elle s'enroule sur une roue w, laquelle est attachée à l'axe de la manivelle. Si l'on veut imprimer un plus grand effort, la roue sera construite en spirale, au lieu d'être circulaire, afin que la chaîne agisse avec un rayon plus court quand la pression est produite.

7. Depuis quelques années, de nombreux perfectionnements ont été faits dans la construction des presses à imprimer; le plus important que nous ayons vu est celui que MM. Bacon et Donkin ont exposé devant l'université de Cambridge, qui l'emploie maintenant pour l'impression des Bibles et des livres de prières.

Dans cette nouvelle invention on place la forme à imprimer sur la surface d'un rouleau prismatique, carré, pentagone, hexagone, octogone, ou de toute autre figure. Ce rouleau est monté dans un cadre, de manière à ce qu'il puisse tourner autour d'un axe. Un second rouleau est ajusté de manière qu'en tournant, sa surface se maintient en contact avec celle des caractères; la machine étant mise en mouvement, on place le papier entre les deux rouleaux; leur mouvement le fait avancer, et il reçoit l'impression. L'encre est appliquée aux caractères au moyen d'un cylindre tournant autour d'un axe. Par cette invention, on a l'avantage d'avoir les caractères serrés entre deux rouleaux, quoique les formes soient imposées sur une surface plane.

La fig. 303 est une vue perspective d'une de ces machines. Le prisme A est carré dans sa coupe, et les caractères d'imprimerie, disposés sur ses quatre côtés, y sont solidement fixés; les tourillons sur lesquels tourne l'axe de ce prisme sont supportés dans le cadre BB, et ils reçoivent le mouvement de la manivelle et du volant H, par la réunion des rouages D E et F G. Les caractères disposés sur le prisme font impression sur le papier, par le moyen d'un second rouleau I i, nommé la platine, placé directement sous le premier; sa surface a une courbure particulière, produite par quatre segments de cylindre. Sa forme est telle que sa circonférence, quand il tourne, est toujours en contact avec la surface des caractères. L'encre est appliquée aux caractères au moyen d'un cylindre K K, placé au-dessus du prisme et composé d'une substance molle et élastique. Afin qu'il puisse s'appliquer immédiatement sur les caractères, son axe est ajusté dans les pièces LL, qui se meuvent de manière à permettre au cylindre de s'élever et de s'abaisser pour suivre le mouvement des caractères. Ce cylindre reçoit l'encre d'un autre cylindre M M, nommé le rouleau de distribution, également formé d'une substance molle, et pourvu d'encre par un troisième rouleau N N, fait en métal et exactement

calibré. L'encre est mise sur une plaque d'acier OO, placée de manière que son arête longitudinale soit à une petite distance de la circonférence du rouleau et que celui-ci puisse en emporter à chaque tour une légère couche sur sa surface; le rouleau de distribution prend cette encre, et l'applique à la surface du premier rouleau, lequel en imbibes les caractères.

La feuille de papier est introduite, comme on le voit dans la figure, en la plaçant sur un blanchet étendu sur un châssis PP, et tiré entre les deux rouleaux à l'instant convenable, par un petit conducteur 2. Les extrémités de ce *tympan* PP sont amenées en avant par deux clous à tête *b*, attachés à des chaînes sans fin, qui s'étendent des roues *ee*, placées à l'extrémité de la platine, à d'autres roues *dd*, qui sont soutenues dans la monture du châssis. Les roues *ee* ont des dents qui, entrant dans les anneaux des chaînes, les font traverser quand la machine est mise en mouvement; les pointes *b* ac rochent alors le conducteur 2, tirent le blanchet en avant, et introduisent le papier entre le prisme et la platine où, par la pression qu'il éprouve, il reçoit l'empreinte des caractères. Telle est l'action générale de la machine; nous allons maintenant entrer dans quelques détails sur la structure de ses diverses parties.

La composition étant terminée, les pages sont disposées sur des cadres ou galées à rebord *aa*, proportionnés à la dimension du format; elles sont serrées au moyen de clés ou vis. Ensuite les cadres sont fixés aux quatre côtés de l'axe central du prisme par les jumelles à vis 1, qui traversent les bords des cadres. En dévissant les jumelles, les cadres peuvent être promptement enlevés, et remplacés par d'autres. La platine *I* est composée de quatre segments de cylindre *ii*, attachés aux différents côtés de l'axe central *I* par des vis; et ces segments, étant proportionnés au prisme, auront la vraie forme nécessaire pour que la platine produise le mouvement demandé, c'est-à-dire, que lorsqu'elle tourne, sa surface soit toujours en contact avec la surface des caractères. Les deux roues D et E, qui obligent le prisme et la platine à se suivre l'un l'autre, sont construites pour correspondre à ces deux pièces. Ainsi, la roue supérieure D est carrée, avec ses angles arrondis en dehors, et sa portée est exactement de la même dimension que le carré formé par les surfaces des caractères. La roue inférieure E a la même figure que la platine, et sa ligne de portée est exactement de la dimension de cette surface. Ces roues, taillées à dents, comme le montre la figure, tournent autour l'une de l'autre, et leur surface au point de contact correspond exactement à leur mouvement, de manière à ne point glisser ni échapper l'une sur l'autre. Pour régler la pression, les coussinets qui supportent l'axe de la platine peuvent être élevés par des vis 3, et sa surface presse alors avec plus de force les caractères; mais, pour que cela ne déränge point l'action des roues D et E, on unit leurs axes, ainsi qu'on le voit en R. Le cylindre à encre K est maintenu à une distance convenable du centre du prisme par les roues S, qui sont fixées sur son axe, et reposent sur les pièces T, attachées à l'axe du prisme. Chacune de ces pièces a, comme la roue D, quatre côtés aplatis qui répondent à la surface des caractères; les angles sont arrondis en segments de cercle; les roues S ont la même dimension que le rouleau à encre; conséquemment, quand elles reposent sur T, elles empêchent le rouleau de passer sur les caractères avec une force plus grande qu'il ne faut pour y distribuer l'encre également. Une roue dentée V, placée sur le prolongement de l'axe du prisme, et

semblable à la roue D, engrène dans une autre roue W adaptée sur l'extrémité de l'axe du rouleau à encre. Cette dernière meut également le rouleau de distribution par un pignon *f*, et fait encore tourner le rouleau à encre par un troisième pignon *g*, fixé sur l'extrémité de son axe *n*, qui est soutenu par les supports B, B dans la forme. Les pièces L, L, qui soutiennent les pivots de ces deux cylindres, sont adaptées à l'axe *n* du premier, de manière à le faire hausser et baisser sur son centre ; et les distances entre les rouleaux étant ainsi maintenues exactement égales, leur circonférence est aussi maintenue en contact immédiat de manière à ce que l'encre soit communiquée de l'un à l'autre. La plaque d'acier O, qui, comme nous l'avons déjà dit, règle la quantité d'encre que le rouleau N emporte, est soutenue par une pièce qui s'appuie sur le cadre fixe B B. Plusieurs pièces de métal, fixées sur la plaque par des écrous, empêchent l'encre de s'étendre au-delà des extrémités ; elles entrent dans des rainures pratiquées sur le rouleau N, près de ses bouts. La machine est mise en mouvement par la manivelle appliquée à la roue H, laquelle engrène avec une petite roue dentée G, qui en fait tourner une grande F placée sur le prolongement de l'axe *b*.

La monture qui supporte le tympan P consiste en deux pièces X, ajustées sur l'axe de la platine, et soutenues aux extrémités opposées par les couples du châssis ; elles supportent les axes des roues *d d* sur lesquelles s'enroulent les chaînes. *x, v* sont deux rouleaux fixés de chaque côté du tympan et formant la place pour recevoir les extrémités du conducteur 2, auquel est attaché le blanchet ; il glisse sur eux quand les chaînes le font avancer. Les espaces qui existent entre les segments *i i*, sont entièrement remplis par des pièces de bois, excepté un, dans lequel le conducteur 2 est reçu quand il traverse la machine. Au moment où les espaces laissés entre les cadres qui portent le caractère passent sur la feuille, et laissent conséquemment la marge entre les pages, le papier n'est point contenu entre les rouleaux ; pour l'empêcher de glisser, le blanchet et le papier sont alors déprimés sur les pièces de bois et serrés contre elles, et celles-ci remplissent la platine entre les segments *i i*, par le poids de petits rouleaux ou fils de métal 4, soutenus par des étais 5, en saillie sur l'axe du prisme et ajustés entre les fentes à l'extrémité de ces étais. Ces fils d'archal peuvent s'élever et s'abaisser par leur propre poids ; ainsi, lorsqu'ils sont au point le plus élevé de leur révolution, ils tombent sur les espaces à l'angle du prisme, entre les pages de caractères, et échappent au rouleau à encre. Quand ils sont arrivés à la partie la plus basse, ils tombent sur le papier, et le pressent sur les pièces de bois de la platine, avec une force suffisante pour pousser le papier en avant pendant l'intervalle où les caractères n'agissent point sur lui, et conséquemment pendant que l'intervalle laissé entre les pages d'impression traverse l'appareil.

L'opération d'imprimer étant fort délicate, et demandant beaucoup d'exactitude, la machine est pourvue de plusieurs moyens pour régulariser son action. — Les segments *i i*, qui composent le rouleau-platine, sont attachés à l'axe central I par trois vis à chaque bout ; les deux du milieu (représentés avec des têtes carrées) tirent les segments en bas, sur l'axe central, tandis que les autres qui sont mus par une vis conductrice les relèvent ; ainsi, par le moyen de ces vis, les segments peuvent être remaniés et réajustés jusqu'à ce qu'on se soit assuré par expérience qu'ils s'appliquent exactement aux caractères, et

pressent également sur toutes les parties de la feuille. Pour rendre la pression plus ou moins forte, on fait tourner les vis 3 sous les supports du rouleau-platine, comme on l'a dit ci-dessus. On règle la pression du rouleau d'encre sur les caractères, en augmentant ou diminuant la dimension des formes T, qui supportent son poids. Pour qu'elles puissent être justifiées, chacune d'elles est composée de quatre pièces marquées 6, fixées par des vis 7 sur une pièce centrale ou roue qui est adaptée sur l'axe; et comme les côtés de ces pièces ont le même pourtour que la forme, elles peuvent être ajustées par d'autres vis à une distance plus ou moins grande du centre, et conséquemment porter le cylindre à encre au point où il doit être, pour que sa pression sur les caractères soit égale sur toute leur surface, et suffisante pour y distribuer l'encre convenablement. La pression du rouleau à encre contre le rouleau de distribution est susceptible d'être modifiée. Pour cet effet les saillies *k*, par lesquelles le cylindre est soutenu, sont adaptées sur les pièces L de manière à pouvoir être rapprochées ou écartées au moyen des vis. De même le rouleau de distribution peut s'ajuster à la distance convenable du rouleau à encre. On règle également la distance entre la plaque *o* et le cylindre à encre N, par des vis *p* et par des écrous, ce qui règle la quantité d'encre que peut prendre le rouleau N; et par conséquent l'impression est plus ou moins noire. Derrière le cylindre à encre K est placé un frottoir qui appuie légèrement contre le cylindre, et empêche l'encre de s'accumuler en cercle. Ce frottoir est ajusté sur les centres, et soulevé par un levier suspendu par le crochet *y* au bout de la pièce L. Ce crochet est ôté quand la machine est en repos, et alors le frottoir retombant ne touche point le cylindre. Il faut que les roues D et E soient placées sur leurs axes dans une position telle que leur courbure corresponde à celle du prisme et de la platine. Pour cet effet, la bride R est ajustée sur l'axe *l* de la roue, avec une partie ronde qui puisse tourner sur lui. Une pièce de métal *r* est solidement fixée sur le fuscau *l*; elle a un trou pour recevoir une dent *s*, qui est fortement vissée sur la bride; deux vis, enfoncées sur les côtés de la pièce *r*, pressent l'extrémité de *s*, et, la poussant dans un sens ou dans un autre, ajustent la roue par rapport à la platine jusqu'à ce que l'une et l'autre se trouvent correspondre parfaitement ensemble; une disposition semblable peut être appliquée à l'axe supérieur.

La manière de former les rouleaux à encre avec une substance élastique doit être particulièrement décrite. On se servait d'abord de cuir bourré en manière de balle; mais ce moyen ne réussit point, parce que les caractères entamaient bientôt cette substance. Après plusieurs essais, on a trouvé qu'une composition de glu et de thériaque remplissait parfaitement le but. Le rouleau est un tube de cuivre couvert de canevas, et placé dans un moule ou un tube de métal cylindrique percé régulièrement et huilé en dedans. La composition fondue est versée dans le moule; lorsqu'elle est refroidie, on la retire; la glu adhère au tube de cuivre et forme un cylindre régulier. L'air ne durcit pas sensiblement cette composition, et l'huile de l'encre ne la dissout point. Cette machine convient très bien pour imprimer avec les planches stéréotypes que les universités ont adoptées pour leurs Bibles et livres de prières.



## PRESSE DE BRAMAH POUR LES BILLETS DE BANQUE.

8. Jusqu'en 1809 la banque d'Angleterre était dans l'usage de remplir à la main les numéros et les dates de ses billets ; mais depuis cette époque on se sert de la machine inventée par M. Bramah. Par cette invention les numéros et les dates sont insérés, non seulement d'une manière plus uniforme et plus élégante, mais le travail est diminué au moins d'un sixième.

Les planches de cuivre par lesquelles les mots sont imprimés sur les billets sont doubles, c'est-à-dire qu'une planche tire deux billets à la fois sur une feuille de papier oblongue. Cette feuille de papier, contenant deux billets, est alors mise dans la machine qui doit y imprimer les numéros et les dates, de manière que les caractères changent suivant les numéros successifs, et que l'opération se fait sans que le commis qui en est chargé soit obligé d'y apporter aucune attention. Par exemple, si l'un des billets est N° 1, N° 1, et que l'autre sur le même papier soit N° 201, N° 201, quand ceux-ci sont imprimés la machine passe d'elle-même aux N° 2 N° 2, et N° 202 N° 202 : de là aux N° 3 N° 3, et N° 203 N° 203. La date et le mot *Londres* sont fondus en stéréotype, et chaque machine est pourvue de planches répondant à tous les jours de l'année, et qu'on change journellement.

A la banque d'Angleterre il existe plus de quarante machines de ce genre ; la plupart sont continuellement en activité. Autrefois un commis ne pouvait dans un jour remplir plus de 400 billets de la date et du numéro, deux fois répétés l'un et l'autre ; mais depuis que l'on fait usage de cette machine, un seul commis a imprimé 1,200 doubles billets, ce qui revient à 2,400 ; car si les doubles billets n'exigent pas plus de travail pour être passés dans la machine, ils demanderaient deux fois le même temps que des billets simples pour être remplis à la main.

Le mécanisme de cette presse est très ingénieux, et on peut l'appliquer à beaucoup d'objets du même genre. Nous avons représenté (*fig. 305*) une de ces machines ; elle n'est cependant pas exactement semblable à celle dont on se sert à la Banque, puisqu'elle est simple et propre à l'impression d'un seul billet à la fois. Mais en la supposant d'une longueur double et garnie d'un double assortiment de caractères, on aura celle qui imprime deux billets en même temps.

La *fig. 305* est une vue perspective de la machine, et la *fig. 304* est une coupe de ses diverses parties. Les mêmes lettres d'indication sont employées dans les deux. Une pièce solide en acajou A A sert de base à la machine, deux bandes de fer B B y sont vissées, et forment les côtés d'une boîte dont le devant est supposé enlevé *fig. 205*, pour laisser voir l'intérieur ; le derrière est caché par le mécanisme. A travers cette boîte est placé un axe D reposant dans des crapaudines attachées sur les côtés du corps de la machine, comme on le voit dans la figure. Cet axe porte le tympan E, sur lequel le billet est fixé par des vis ; un levier F attaché à l'axe recouvre le tympan, et lui fait subir une pression qui appuie fortement sur les caractères et imprime.

Les caractères mobiles, qui constituent principalement la nouveauté de l'invention, sont arrangés en une suite de cercles de cuivre, montés sur un axe G qui traverse le centre de la base. On distingue suffisamment ces cercles

dans la perspective, fig. 305, par les chiffres qui y sont marqués; ils sont au nombre de dix et disposés en deux séries de cinq chacune.

Les cercles (voyez l'exemple I, fig. 304) sont tous divisés en onze parties; à chacune une entaille rectangulaire est coupée pour recevoir les caractères 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0 et un blanc. Cinq des cercles ainsi préparés étant placés l'un à côté de l'autre sur un axe fixe G, sur lequel ils tournent librement, peuvent imprimer tous les nombres au-dessous de 100,000, puisque les cercles ayant la possibilité de tourner autour de leur axe, indépendamment l'un de l'autre, il est évident que toutes les combinaisons des chiffres ci-dessus peuvent être produites en plaçant tour à tour ces chiffres au plus haut point du cercle, situation dans laquelle ils doivent être pour donner l'impression. On entendra plus aisément ceci en considérant que la planche de cuivre qui couvre les cercles est établie comme on l'a représentée en a, fig. 304. Cette planche a deux ouvertures pour recevoir les deux séries de caractères, qui font saillie un peu au-dessus de sa surface lorsqu'ils sont à leur plus haut point. Dans la fig. 305 cette planche est ôtée pour montrer le mécanisme intérieur.

Les roues H font tourner les cercles sur un axe, nommé axe de derrière, parallèle à celui des cercles. On en voit l'extrémité projetée en I hors du corps de la machine, fig. 305, et cet axe entraîne avec lui trois des roues H, deux desquelles sont séparées par un espace égal à celui qui est entre les deux séries des cercles des chiffres auxquelles elles s'appliquent; la troisième, placée au milieu des deux autres, est mue par une palette b, fig. 304, attachée à l'axe du tympan par une jointure, de manière à frapper contre la dent supérieure de la roue H et à la faire tourner jusqu'à une autre dent. Quand la manivelle est élevée au-delà de la verticale, un arrêt a, fig. 305, l'empêche d'aller plus loin; mais quand elle retombe à la position de la fig. 304, la palette, quoiqu'elle rencontre encore la dent de la roue, cède à son contact et passe à côté sans faire mouvoir la roue. On voit par là que toutes les fois que la manivelle est baissée pour imprimer, en la relevant pour mettre une nouvelle feuille de papier sur le tympan, la palette fait tourner d'un cran les roues H; et comme les dents de ces roues engrènent sur les dents des cercles, le même mouvement leur est communiqué, et porte sous le tympan un nouveau chiffre.

Il faut observer que les roues H n'ont que l'épaisseur convenable pour engrener seulement un des cinq cercles à la fois, et que leur distance est calculée pour qu'elles prennent dans une série le même cercle qu'elles prennent dans l'autre. Maintenant en faisant glisser un peu l'axe de derrière, il est évident que la roue H engrènera avec un des cinq cercles, ou bien qu'elle n'en touchera aucun. C'est dans ce but que la tête I, fig. 305, sort au dehors de la machine. En effet, au moyen de cette saillie, on peut faire avancer l'axe à volonté, et faire engrener successivement les roues dentées H avec les cinq roues qui portent des numéros. L'axe est contenu dans ces positions par un dé clic semi-circulaire qui entre dans des rainures pratiquées autour de l'axe, et s'oppose à son mouvement longitudinal, à moins qu'il ne soit levé, ce qui se fait par le moyen d'un écrou K partant du dos de la machine, fig. 304. Un court levier est placé dans cet écrou, et quand il tourne avec l'écrou, il lève le dé clic et dégage l'axe pendant qu'il se place sur le cercle demandé. En laissant retomber le crampon dans sa rainure, le mouvement est arrêté.

Pour que tous les cercles s'arrêtent au point précis où le chiffre est à sa plus haute position, et se trouve par conséquent horizontal, un cran est pratiqué à l'extérieur des cercles dans les espaces entre chaque chiffre, et au point le plus bas du cercle *e*, fig. 304 ; une goupille mobile est adaptée à l'axe fixe avec un ressort qui presse continuellement en bas. L'extrémité de la goupille est sphérique et bien polie, en sorte que quand le cercle tourne elle est repoussée dans son trou dans l'axe ; mais quand une autre entaille du cercle est présente, la goupille s'y enfonce, et retient le cercle avec une force modérée dans la position qu'il doit avoir, jusqu'à ce que l'élévation du tympan, comme on l'a décrite ci-dessus, force la résistance de la goupille, et fasse tourner le cercle. Par ces moyens, les caractères se rangent toujours en ligne droite après avoir été tournés, sans quoi l'impression serait irrégulière et défectueuse.

Le tympan *E*, fig. 304, est composé de deux parties : une première planche de cuivre solide forme sa partie supérieure ; un blanchet *y* est assujéti par la seconde partie, qui est une pièce de cuivre couverte de parchemins, et attachée à la planche par quatre vis, dont deux paraissent en *ff*, fig. 305.

Le tympan est fixé par six vis à un cadre *L*, fig. 304, adapté sur l'axe. Deux de ces vis, dont seulement une est vue dans la figure en *h*, servent à éloigner le tympan du cadre, tandis que les quatre autres, qui sont rangées une de chaque côté comme les premières, serrent ensemble le tympan et le cadre. Par le moyen de ces vis agissant en sens contraire, on peut ajuster le tympan de manière à ce qu'il tombe parallèlement sur les caractères, et communique une égale pression à la feuille de papier maintenue contre le tympan au moyen d'une frisquette de parchemin qui peut être enlevée sur les joints *kk*, fig. 305. La frisquette est coupée transversalement (comme elle est représentée par les parties ombrées, fig. 305), afin de présenter la partie du papier qui doit recevoir l'impression des chiffres du *N°* avant les chiffres de la date, etc. Les caractères pour le nom de la place sont stéréotypes, et attachés sur le couvercle de cuivre *a*, la pièce qui contient le jour et le mois étant changée chaque jour. Pour trouver la position que le papier doit occuper sur le tympan, deux goupilles très fines sont fixées en saillie, et reçues dans des trous pratiqués sur le couvercle de cuivre ; deux points sont imprimés sur le billet par les planches de cuivre, et les goupilles, étant passées dans ces points, maintiennent les chiffres dans leur position.

La manière de se servir de cette machine est la suivante. Supposez l'axe de derrière assez en dehors pour être détaché de tous les cercles, le cercle des chiffres arrangé de sorte que les blancs soient tous en haut, et les stéréotypes placés pour les dates. L'axe de derrière doit être disposé pour que les roues *H* puissent prendre d'abord les cinq premiers cercles à droite ; alors, en abaissant la manivelle presque jusque sur les caractères, puis la relevant, la palette met en mouvement les roues *H*, et fait tourner les deux cercles à droite, portant à leur plus haut point le chiffre 1. La personne chargée du travail met alors de l'encre sur les caractères avec un tampon, relève la frisquette *L*, fig. 305, et place le billet (déjà imprimé sur la planche de cuivre) contre le tympan, à la place marquée par les deux goupilles, et par les points imprimés sur le billet. Alors il baisse la frisquette pour contenir le papier, et empêcher qu'il ne reçoive l'impression ailleurs que là où il doit la recevoir ; en

tournant la manivelle F, le billet est imprimé. On relève la manivelle, les cercles sont mis en mouvement, et présentent le chiffre suivant; le billet est remplacé par un autre, et ainsi de suite, le chiffre étant chaque fois changé.

Pendant cette opération, les deux cercles à droite agissent comme des unités, et avancent successivement. Lorsque le chiffre 9 est imprimé de cette manière et que 0 se présente, la manivelle est tournée deux fois de suite sans imprimer, ce qui amène un *blanc*, ensuite un 1. L'axe de derrière est mis en jeu pour agir sur le second cercle à droite, qui devient alors les unités, le premier cercle représentant les dizaines. En faisant mouvoir la manivelle *a* sans imprimer, le chiffre 1 du second cercle se présente et forme 11, la seconde fois 12, et ainsi de suite jusqu'à 19. Le premier cercle est alors avancé avec la main et porte 2, et 0 sur le second, 20; en faisant agir la manivelle pour passer le blanc, on produit 21, 22, etc., jusqu'à 30; on avance alors de nouveau le premier cercle, qui amène 4; de cette manière on va jusqu'à 99. Maintenant l'axe de derrière est placé de manière à engrener le troisième cercle, qui devient unité; le second devient dizaine, le troisième centaine; le zéro et le blanc des deux premiers cercles sont avancés; l'un présente 1, l'autre 0; et la machine elle-même place le 0 du troisième cercle dans la position convenable, ce qui donne le numéro 100; ensuite on passe à 101.

Par le même procédé on obtient successivement les centaines jusqu'à 999. On amène par le moyen de l'axe le quatrième cercle, et les trois premiers sont avancés à la main comme précédemment; lorsqu'on est arrivé au chiffre 9,999, l'axe saisit le cinquième cercle, qui peut servir à imprimer 99,999, ce qui est au-delà de ce qu'on peut demander.

#### SONNETTES, OU MACHINES A ENFONCER LES PILOTIS.

La sonnette est une machine par laquelle des pilotis ou pieux sont enfoncés en terre pour fonder les arches des ponts et d'autres constructions.

On procède à cette opération en soulevant un poids très lourd appelé *mouton*, et en le dégageant ensuite de la machine qui l'a fait monter pour le laisser retomber sur la tête de ces pieux. Dans la plus simple des machines le poids est tiré en haut par des hommes, au moyen d'une corde passée sur une poulie fixe; et quand il a atteint une hauteur suffisante, ils laissent glisser la corde, et le poids descend avec une vitesse considérable. Les deux meilleures machines de ce genre que nous ayons vues sont celles inventées par MM. Vauloué et Bunce.

On peut décrire ainsi la machine de M. Vauloué. A, fig. 306, est un arbre vertical ou axe sur lequel sont placés la grande roue B et le tambour C, que font tourner des chevaux attelés aux barres S S. La roue B fait tourner la lanterne X, sur le sommet de l'axe de laquelle est le volant O, qui règle le mouvement de manière à agir en sens contraire des chevaux, et à empêcher qu'ils ne soient renversés quand le mouton Q est lâché pour enfoncer le pilotis P. Le tambour C n'est point fixé sur l'arbre A, mais il est rivé à la roue B par le boulon Y. Sur ce tambour s'enroule la grande corde H H; l'une de ses extrémités est attachée au tambour, et l'autre à la roue G, vers laquelle elle

est portée par les poulies I et K. Cette roue contient les pinces F, qui saisissent le mouton Q par la gâche R pour le tirer en haut. D est une spirale ou fusée fixée au tambour, sur laquelle est tournée la petite corde T, qui va sous la poulie U, et se rattache au sommet du corps de la machine en 7. A la poulie U est suspendu le contrepoids W qui empêche la roue G de prendre un mouvement accéléré lorsqu'elle descend pour saisir le mouton; car cette roue tendant à prendre une vitesse croissante en descendant la corde T, se déroule sur la fusée, dont le rayon augmente; et par ce moyen le contrepoids W contrebalance de plus en plus son mouvement, et ne la laisse descendre qu'avec un mouvement uniforme et modéré. Le boulon Y fixe le tambour; la grande roue, étant poussée en haut par le petit levier 2, qui passe à travers une mortaise dans l'arbre A, tourne sur une cheville dans la barre 3 attachée à la grande roue B, et soutient un poids 4, lequel tend à pousser le boulon Y à travers la roue dans le tambour. L est le grand levier tournant sur l'axe m, et reposant sur les barres de force 5, 6; il passe dans une entaille faite à l'arbre A, et soulève le petit levier 2.

Quand les chevaux tournent, la grande corde H s'enroule autour du tambour C, et le mouton Q est saisi par les pinces F, qui le montent au sommet de la machine. Là les pinces, se trouvant pressées entre les plans inclinés E, s'ouvrent et dégagent le mouton, qui tombe le long des guides *bb* sur le pilot P, et l'enfonce, après un petit nombre de coups, aussi avant dans le terrain qu'il peut y entrer; après quoi, sa partie supérieure est sciée, à raz du sol, par une autre machine. Immédiatement après que le mouton a été dégagé, la pièce 6, sur la roue G, prend les cordes *aa*, qui élèvent le bout du levier L, et descendent l'autre bout N, qui presse la barre 5 sur le petit levier 2, lequel, en repoussant en bas le boulon Y, détache le tambour C de la grande roue B, et l'autre roue, étant en liberté, retombe par son propre poids sur le mouton; les branches inférieures des pinces glissent sur la gâche R, et, par le poids de leur tête, s'ouvrent, et la saisissent. Alors le poids 4 pousse en haut le boulon Y, dans le tambour, ce qui l'attache à la grande roue, et le mouton remonte.

Quand la roue G descend, elle fait tourner le tambour en arrière, et déroule la corde qu'il porte; tandis que les chevaux, la grande roue, la lanterne et le volant marchent d'un mouvement continu; et à mesure que le tambour tourne en arrière, le contrepoids W monte, et sa corde T se roule autour de la fusée spirale D.

Plusieurs trous sont pratiqués dans le côté inférieur du tambour, et le boulon Y prend le premier qu'il rencontre quand le tambour s'arrête par la descente de la roue sur le mouton, car avant cela le boulon n'a pas le temps de glisser dans aucun des trous.

Les avantages particuliers à cette machine sont : 1° que le mouton s'élève en employant le moins de force possible; 2° que quand il est à la hauteur convenable, il se dégage de lui-même, et retombe très facilement; 3° que les pinces ou forceps sont promptement baissées et qu'à l'instant et d'elles-mêmes, elles ressaisissent le mouton, et le font remonter au sommet de la machine.

On place cette machine sur un bateau, et l'on peut ainsi la transporter où l'on veut. Le mouton pèse mille kilogrammes, et les guides *bb* qui le conduisent dans sa descente ont 10 mètres de hauteur.

Les fig. 307 et 308, représentent la coupe et l'élevation de la machine à piloter de Bunce.

Ses parties principales A, fig. 307, sont deux cordes ou chaînes sans fin liées ensemble par des traverses en fer B (fig. 308), et correspondant à deux rainures en croix, diamétralement opposées dans la roue C (fig. 307), où elles sont reçues, et par le moyen de laquelle la corde ou chaîne A est mise en rotation. F, H, K, est la vue latérale d'une forte pièce de bois mobile, sur l'axe H. D est une molette sur laquelle la chaîne passe, et tourne en dedans au sommet de la machine. Cette molette, adaptée à la pièce F, H, K, se meut sur le centre H, et le poids I, fixé à l'extrémité K, la maintient à la position F. L, fig. 302, est le mouton en fer, lié aux pièces de fer par le crampon m. N est une pièce cylindrique en bois suspendue au crampon en O, laquelle, en glissant librement sur la barre qui lie le crampon au mouton, porte toujours le premier droit au-dessus de la chaîne quand il arrive au bas de la machine, dans la position de P. Voyez fig. 307.

Quand l'ouvrier placé en S fait tourner la manivelle ordinaire, le mouton se trouvant lié à la chaîne, est soulevé, et glisse entre les guides, qui le conduisent verticalement. Quand il approche du sommet de la machine, la barre saillante Q du crampon frappe contre une pièce de bois en croix R, fig. 307, et conséquemment détache le mouton. Alors le poids I de la pièce mobile attire à l'instant la molette vers la position indiquée par F, et maintient la chaîne indépendante du mouton pendant sa chute. Le crampon descend alors, et la pièce de bois R empêche qu'il ne prenne la chaîne; car cette pièce, étant plus légère que le poids, et se mouvant avec moins de vitesse, ne peut venir en contact avec lui que lorsqu'elle arrive en bas de la machine et que le mouton s'arrête. Elle tombe alors, et unit encore le crampon à la chaîne qui fait remonter le mouton.

#### MACHINE A ALLÈSER.

Cette machine est employée à percer des tuyaux de bois ou des cylindres métalliques pour diverses mécaniques ou pour conduire l'eau.

On procédait autrefois à cette opération par le moyen d'un axe horizontal tourné par un moulin, et au bout duquel était fixée une tarière. Le cylindre à forer était placé sur une table, glissant parallèlement à l'axe et attiré contre la tarière par la descente d'un poids. On objecte à cette méthode que toute déviation de la ligne droite par la table est transmise au cylindre, et le rend irrégulier; et que la tarière, à cause de son poids, agissant plus fortement sur la demi-circonférence du cylindre, fait qu'il est plus entamé dans cette partie, et par conséquent d'une épaisseur inégale. Cet inconvénient est cependant évité jusqu'à un certain degré par une invention de M. Smeaton, qui consiste en une verge d'acier montée sur une table à roulettes mobiles, et entrant dans le cylindre. En suspendant le poids du coupoir et de la tarière à ce mécanisme, la machine était infiniment améliorée, quoique encore très imparfaite.

Il existe une machine à alléser les cylindres métalliques, qui n'est point sujette aux inconvénients que nous venons d'indiquer. Elle est représentée en

perspective fig. 314. On la suppose disposée à alléser un cylindre pour une machine à vapeur : les autres fig. 310, 311, 312 et 313, expliquent la construction de ses diverses parties. AA, fig. 314, indiquent deux seuils en chêne fixés parallèlement l'un à l'autre sur des dormants, établis dans le sol. A chaque extrémité de ces pièces s'élève un montant vertical en fer BB, pour soutenir les tourillons de l'axe cylindrique DD qui porte l'allésoir, et que le moteur fait tourner. Le cylindre LL qui doit être allésoir, est attaché à demeure sur la barre, exactement concentrique avec elle. Une pièce de fonte cylindrique KK, LL (fig. 310, 312 et 313, nommée allésoir, glisse sur l'axe, et porte les lames d'acier *fff*, qui, en tournant, enlèvent des copeaux de métal. Cet allésoir se meut le long de la barre par un mécanisme que nous décrirons ensuite, et au moyen duquel elle avance progressivement dans le cylindre en même temps qu'elle tourne avec l'axe D. Les lames doivent nécessairement enlever toutes les protubérances de l'intérieur du cylindre, dans le cercle qu'elles décrivent dans leur mouvement ; mais elles ne peuvent attaquer rien de plus.

Le cylindre est posé sur une pièce susceptible d'être ajustée suivant la dimension du cylindre, et par conséquent propre à en recevoir de plusieurs grandeurs, dans une limite déterminée. Les pièces de fonte EE entrent dans une entaille pratiquée dans les seuils AA, et elles y sont fixées par des boulons et par des écrous. Sur ces pièces EE sont placés à angle droit des traverses FF, qui portent les moutons GG, dans lesquels est placé le cylindre LL, soutenu en dessous sur des formes *bb*, et assujéti par les bandes de fer *aa*, serrées par des vis qui entrent dans les montants GG. Le cylindre est ajusté de manière à être concentrique avec l'axe DD, et tenu ferme à sa place par des coins enfoncés sous les formes et entre les moutons.

Pour expliquer le mécanisme par lequel l'allésoir est poussé en avant, nous renvoyons aux fig. 311, 312 et 313, où l'on verra que l'axe DD est un tube de fonte creusé dans toute sa longueur, et divisé de chaque côté par une ouverture longitudinale *cc*, fig. 310. A ses extrémités on a laissé un tube ouvert par les deux bouts, où se réunissent les deux soupapes. L'allésoir KK, LL se compose de deux parties : un tube K, adapté très exactement à l'axe D, et un anneau de fonte LL, fixé sur KK au moyen de quatre coins. Sur sa circonférence huit entailles sont pratiquées pour recevoir les lames *ff*, qui y sont maintenus par des coins. L'anneau K ne peut glisser autour de l'axe, parce qu'il est retenu par deux courtes barres de fer *ee* placées en travers de l'axe, et reçues dans des entailles coupées sur les bouts des anneaux KK. On a pratiqué au milieu de ces barres un trou dans lequel entre un boulon autour d'une crémaillère L. Une clef traverse l'extrémité de ce boulon, et empêche en même temps que la crémaillère ne soit repoussée en tenant les barres *ee* à leur place. La crémaillère est mise en mouvement par les dents d'un pignon N, et maintenue dans sa position par le rouleau O : l'axe du pignon et du rouleau étant soutenu dans une pièce attachée au montant BB, comme on le voit dans la vue perspective de la machine fig. 314. Un levier qui fait tourner le pignon, est placé sur l'extrémité carrée de l'axe, et chargé du poids P afin qu'il tende à faire avancer l'allésoir dans le cylindre. Ce levier peut être placé dans tous les sens, sur le côté carré de l'axe, de manière à repousser la crémaillère en arrière s'il est nécessaire.

Dans quelques machines à alléser on emploie un autre mécanisme, peut-être préférable à celui-ci. Il consiste en quatre petites roues; l'une est fixée à l'extrémité droite *D* de la barre *DD*, fig. 314. Un autre pignon est attaché à l'extrémité d'un axe correspondant à la crémaillère *M*. A l'autre extrémité est une petite vis qui joue dans un écrou fixé à l'allésoir *K K* en *e*, fig. 310. Sous le second pignon, un troisième, contenant le même nombre de dents, est fixé sur un axe horizontal parallèle à *DD*. Enfin à l'autre bout de cet axe est un quatrième pignon qui est pris par le premier pignon placé à l'extrémité de l'axe creux *DD*. Le premier pignon a trente-six dents, le quatrième trente; le second et le troisième ont un nombre de dents indéterminé, mais égal dans chacun. A mesure que l'axe *D* tourne, le premier pignon fixé sur son extrémité prend le quatrième, lequel par le moyen du troisième, qui est attaché sur le même axe, met en mouvement le second. Le second pignon, étant fixé à un axe dans *DD*, détourne la vis à son autre extrémité, et fait en conséquence avancer l'allésoir le long du cylindre. Les filets de cette vis ont 3 millimètres de hauteur, et il faut soixante tours de l'axe pour couper 25 millimètres.

Pour mettre un cylindre en place il est nécessaire d'ôter les coussinets supérieurs *tt* qui portent sur les montants *BB*; en soutenant l'axe par son milieu sur des formes, on enlève le montant, le pignon *N* et le rouleau, en ôtant les écrous par lesquels ils tiennent aux seuils *AA*, la crémaillère *M* étant censée déjà enlevée. Un allésoir massif *L*, de la dimension convenable pour alléser le cylindre, est alors placé sur l'anneau *K*, fig. 313, et fixé par des coins: on reporte l'allésoir à l'extrémité la plus éloignée de l'axe, et le cylindre est mis en place. On place le montant *B*, et toute la machine est remise dans l'état indiqué par la fig. 314, le cylindre étant par estimation jugé concentrique à l'axe *D*. Deux barres de fer sont alors fixées par des coins aux points *e e* de l'axe, et appliquées aux extrémités du cylindre; tandis que l'axe tourne, elles font l'office de compas pour s'assurer de la concentricité du cylindre. De petits coins en fer sont enfoncés autour du cylindre pour l'ajuster bien exactement, et dans cet état il est prêt à être perforé.

L'opération postérieure consiste à faire tomber les lames qui sont attachées dans l'allésoir *L* par des coins, et à les ajuster en faisant tourner l'axe, pour s'assurer qu'ils décrivent le même cercle. Alors on commence l'allésage du cylindre en mettant la roue motrice et l'axe en mouvement; et la seule attention à avoir pour la conduite du mécanisme est de prendre soin que le poids *P* soit relevé aussi souvent qu'il descend par le mouvement des lames. Quand l'allésoir a parcouru toute la longueur du cylindre, on fait ressortir les lames pour qu'elles enlèvent une seconde couche du cylindre. Pour un ouvrage ordinaire, ces deux opérations suffisent; mais si l'on a besoin de cylindres très justes, il faut les alléser plusieurs fois pour les réduire à une surface parfaitement cylindrique. La dernière opération est de placer le cylindre verticalement, ce qui se fait en enfonçant un allésoir de la dimension exacte du cylindre, afin d'éprouver si le plan ou oreille qui débordé est bien perpendiculaire à l'axe du cylindre, qui se trouve alors fini, et peut être enlevé.

L'exactitude de la machine dépend de la justesse avec laquelle l'axe *D* qui porte l'allésoir tourne sur ses tourillons, et s'il tourne sur le même diamètre tout le long de sa course, le cylindre sera parfaitement calibré. Pendant que l'axe tourne, on pourrait ajuster une pièce de bois dur dans les rainures du



cylindre. L'anneau K est d'abord creusé, ensuite assujéti sur l'axe et poli avec de l'émeri pour le rendre aussi juste que possible.

On voit, fig. 311, l'élevation d'un moulin propre à faire marcher deux de ces machines. Le pignon 30 est censé placé sur l'axe de la roue à eau; il fait tourner les deux roues 60, 60, qui portent des axes saillants avec une pièce croisée, semblable à la tête d'une vis, comme il est montré dans la figure.

Les extrémités des axes auxquels sont adaptés les allésoirs ont de semblables entailles, et le mouvement peut être communiqué ou arrêté à volonté, au moyen de clefs placées entre les axes.

#### MACHINE A COUPER DES FILS DE MÉTAUX.

Divers mécanismes ont été appliqués à cet objet; le meilleur que nous connaissions a été décrit dans les *Mémoires de la Société philosophique américaine* ainsi qu'il suit :

AAAA, fig. 315, est un banc de chêne dont le devant est parfaitement poli. BBBB sont les pieds de ce banc, qui peuvent être massifs. CCCC, le charriot sur lequel les fils sont fixés; il se meut le long de la partie antérieure de AAAA parallèlement à tous ses côtés, et porte les fils graduellement sous le tranchant du coupoir ou ciseau HH, pendant que les dents sont coupées. Ce chariot est mis en mouvement par un mécanisme à peu près semblable à celui par lequel les madriers sont portés contre la scie, dans un moulin à scie, et que nous décrirons plus particulièrement. DDD, sont trois tiges de fer insérées dans les extrémités du chariot en CCC, et passant par des trous dans les têtes EEE, qui sont vissées ferme contre les bouts du banc AAAA, pour diriger la marche du chariot CCCC parallèlement aux côtés du banc. FF sont deux montants verticaux, assemblés par des mortaises dans le banc AAAA, presque à égale distance de chacune de ses extrémités, et placés directement en face l'un de l'autre. G, levier ou bras qui porte le ciseau HH (fixé par la vis I) et tournant sur les centres des deux vis KK, attachés dans les deux montants FF, transversalement au banc AAAA. En serrant ou en relâchant ces vis, le bras qui porte le ciseau travaille avec plus ou moins de force. L, vis qui sert à régler si les fils seront coupés plus gros ou plus fins. Cette vis tourne dans une tête M, qui est vissée ferme au sommet du montant F : l'extrémité inférieure de la vis L porte contre la partie du bras G et limite la hauteur à laquelle il s'élève. N, ressort d'acier dont une extrémité est vissée sur l'autre montant F, et l'autre extrémité presse contre le montant O, qui est fixé sur le bras G, et par sa pression le fait monter jusqu'à ce qu'il rencontre la vis L. P, bras portant une griffe à l'une de ses extrémités marquée 6; l'autre extrémité est fixée par un joint au bout du montant O; le mouvement du bras G fait mouvoir la roue dentée A. Cette roue est fixée sur un axe qui porte une petite lanterne ou pignon R au côté opposé; ce pignon s'engrène dans une pièce SS qui est dentée, et solidement vissée contre un des côtés du chariot. F, crampon pour attacher une extrémité du fil ZZ à la place ou lit sur lequel il doit être coupé. V, autre crampon ou chien du côté opposé tournant autour d'une charnière W solidement fixée au chariot CCCC. Y, pièce également vissée dans le chariot et à travers laquelle passe

la vis X, qui presse par son extrémité inférieure contre la partie supérieure du crampon V, sous lequel est placé l'autre bout du fil Z Z, tenu ferme dans cette situation pendant qu'on le coupe par la pression dudit crampon V. — 7777, lame de plomb disposée dans une cavité pratiquée dans le corps du chariot, un peu plus large et plus longue que les plus grands fils. La surface de cette lame de plomb est formée différemment, selon les sortes de fils demandées. — 2, 2 sont deux pènes qui entrent dans les dents de la roue Q pour l'empêcher de retourner. — 3, 3, est un chevalet pour soutenir l'extrémité de l'axe de la roue à dents Q. — 5 est un support sur lequel s'appuie une tête pour soutenir l'autre extrémité de l'axe.

Quand le fil ou les fils sont mis à leur place, la machine peut être dirigée de manière à les couper au degré de finesse désiré, par le moyen de la vis régulatrice I, qui, en s'enfonçant plus avant dans le bras M, donne des fils plus fins, *et vice versa*; car le bras G peut s'élever plus haut si l'on relâche la vis, ce qui permet au bras P d'aller plus loin le long de la circonférence de la roue dentée, et conséquemment de communiquer un mouvement plus étendu au chariot C C C C, et de rendre les fils plus gros.

Avec la machine ainsi disposée, un aveugle pourrait couper un fil avec plus d'exactitude que l'homme le plus clairvoyant ne pourrait le faire par l'ancienne méthode; car en frappant avec un marteau sur la tête du coupoir ou ciseau HH, tous les mouvements sont mis en jeu; et en répétant le coup, tous les fils d'un côté sont coupés dans leur longueur: on les retourne alors, et par un autre coup, l'autre côté est coupé. Il n'est pas nécessaire d'insister beaucoup sur l'utilité de cette machine; la personne la plus ignorante en mécanique peut concevoir, en l'examinant, qu'elle est susceptible d'être mise en mouvement par l'eau comme par la main, de couper des fils de toutes dimensions, dans la quantité que l'on voudra, et en une seule fois: mais c'est surtout pour couper les fils métalliques fins employés dans l'horlogerie, que ce mécanisme est précieux, puisqu'il permet de les faire d'une égalité et d'une ténuité extrêmes. Quant aux substances qu'on doit employer dans la construction de cette machine et à la dimension de ses différentes parties, le jugement de l'artiste doit en décider; on observera simplement qu'il faut que le tout soit capable de soutenir un effort assez violent.

#### MACHINE A DIVISER, DE RAMSDEN.

Cet utile instrument est de l'invention de M. Jesse Ramsden, auquel le Comité de longitude a donné 615 livres sterling (15,500 fr.) pour qu'il s'engageât à enseigner à un certain nombre de personnes, qui devaient être au plus de dix, dans l'espace de deux ans, à dater du 28 octobre 1775 jusqu'au 28 octobre 1777, la manière de construire et d'employer cette machine. Il promettait de plus de diviser, avec la même machine, tous sextants et octants de cuivre au taux de trois schellings (3 fr. 72 c.) par octant, et de six schellings (7 fr. 44 c.) par sextant, avec les divisions de Nonius en demi-minutes, aussi longtemps que le Comité jugerait convenable de laisser la machine en sa possession. Sur cette somme, 300 livres (7,560 fr.) furent données à M. Rams-

den, comme récompense pour l'utilité de son invention, et 315 (7,940 fr.) pour céder la propriété de la machine en comité.

La description suivante en a été donnée par M. Ramsdem, sous serment.

Cette machine se compose d'une grande roue de laiton, soutenue sur un support d'acajou à trois pieds, lesquels sont fortement liés ensemble par des branches, de manière à les rendre parfaitement stables. Sur chaque pied du support est placée une roulette à frottement conique, sur lesquelles repose la roue; et, pour l'empêcher de glisser hors des roulettes à frottement, le centre de la roue tourne dans une crapaudine placée au haut du support.

La circonférence de la roue est entaillée ou coupée (par un moyen qui sera décrit plus bas) en 2,160 dents, entre lesquelles s'engrène une vis sans fin; six tours de la vis font parcourir à la roue un espace égal à un degré.

Un cercle de cuivre est fixé sur l'axe de la vis; la circonférence de ce cercle est divisée en soixante parties; chaque division répondant à un mouvement de la roue de dix secondes, six divisions sont égales à une minute, etc.

Plusieurs différents arbres d'acier trempé sont enfoncés exactement dans le support au centre de la roue. La partie supérieure des arbres, qui repose sur le plan, a différentes dimensions, pour s'assortir avec les centres des diverses pièces que l'on doit diviser.

Quand on veut diviser quelque instrument, on ajuste son centre bien exactement sur l'un de ces arbres, et on fixe l'instrument sur le plan de la roue à diviser par des vis qui entrent dans des trous pratiqués à cet effet dans les rayons des roues.

L'instrument étant ajusté sur le plan de la roue, la pièce qui porte le style diviseur est fixée à une de ses extrémités sur la pièce qui porte la vis sans fin, au moyen des vis que l'on met à la main. L'autre extrémité saisit la partie de l'arbre d'acier qui est posée au-dessus de l'instrument que l'on veut diviser par une coche qui y est pratiquée; par ces moyens, les deux bouts de la pièce première sont maintenus parfaitement stables et exempts de toute secousse.

La pièce qui porte le style diviseur est faite de manière à glisser sur celle qui porte la vis sans fin à une certaine distance du centre de la roue, suivant ce qu'exige le rayon de l'instrument à diviser; on peut l'assujettir en serrant deux crampons, et le style diviseur, étant lié avec les crampons par la pièce à double jointure, permet un mouvement facile vers le centre, ou du centre pour couper les divisions sans aucune secousse latérale.

De tout ce qui a été dit, il résulte qu'un instrument, ainsi ajusté sur la roue divisante, peut être mù dans tous les angles possibles par la vis et le cercle diviseur qui est sur son arbre; et que cet angle peut être marqué sur le limbe de l'instrument avec la plus grande exactitude par le style diviseur, qui ne s'y meut qu'en ligne directe, tendante au centre, et qui est de plus exempte des inconvénients qui accompagnent la méthode de couper par le moyen d'un coin droit. Cette manière de tirer les lignes empêche qu'aucune erreur ne provienne de l'extension ou de la contraction du métal pendant l'opération de diviser.

La pièce portant les vis est fixée au sommet d'un pilier conique, qui tourne facilement autour de son axe, et se meut de plus librement vers le centre, ou du centre de la roue, en sorte qu'elles peuvent être entièrement guidées par la

pièce qui les lie avec le centre ; par ce moyen on rend la roue excentrique au degré voulu, et l'arbre ne peut produire aucune erreur dans la division ; d'ailleurs, par une invention particulière (que l'on décrira plus loin), la vis, quand elle est pressée contre les dents de la roue, se meut toujours parallèlement à elle-même ; de sorte qu'une ligne, joignant le centre de l'arbre et le style diviseur, étant prolongée, forme toujours des angles égaux avec la vis.

La fig. 316 représente une perspective de la machine ; fig. 317, un plan dont la fig. 318 représente une coupe sur la ligne 11 A.

La grande roue A a 1<sup>m</sup>143 de diamètre ; elle est composée de 10 rayons, soutenus par des barres angulaires, comme on le voit fig. 318. Ces barres et rayons sont unis par un cercle B de 0<sup>m</sup>61 de diamètre et de 0<sup>m</sup>076 d'épaisseur. Pour donner plus de force, le tout est formé d'une seule pièce de laiton.

Comme tout le poids de la roue A porte sur son cercle B, les barres sont plus épaisses à la place où elles joignent la roue ; et conséquemment leur épaisseur diminue à mesure qu'elles approchent et du centre et de la circonférence, ainsi qu'on le voit fig. 318.

La surface de la roue A doit être unie et très plane, et sa circonférence très exacte. Le cercle C, qui forme le limbe, est en argent ; il doit être exactement adapté sur la circonférence de la roue, sur laquelle il est attaché par des vis qui, après avoir été serrées autant que possible, sont bien rivées. La surface plane A (fig. 318) de la roue est fixée par des esses, sur une tringle ajustée dans un tour. Les deux surfaces et la circonférence du cercle C, un trou qui traverse le centre, et la partie plane autour de *b* et le côté inférieur de la roue B, ont été tournés en même temps.

D est une pièce de laiton dur, dans laquelle est un trou pour recevoir l'arbre d'acier *d*, qui doit être parfaitement droit et juste. Cette pièce de laiton est tournée très régulièrement sur un arbre, et la face qui s'applique sur une roue *b* est dressée très plane ; l'arbre d'acier *d* doit être placé perpendiculairement au plan de la roue ; cette pièce est attachée sur la roue par six vis d'acier.

Une crapaudine de cuivre Z est attachée au centre du support d'acajou, et reçoit la partie inférieure de la pièce D, étant construite de manière à la rencontrer dans une partie étroite, près de l'entrée, pour empêcher les obliquités de la roue d'incliner l'arbre ; une grande précision dans cet assemblage n'est point nécessaire, puisqu'aucune secousse dans la crapaudine ne peut produire de mauvais effets, comme on le verra quand nous décrirons l'appareil à couper.

Lorsque la roue est mise dans la position qu'elle doit avoir, le côté inférieur du cercle B, fig. 316, 317 et 318, repose sur la circonférence de trois roulettes W pour faciliter son mouvement autour de son centre. L'axe de l'une de ces roulettes est une ligne qui joint le centre de la roue et le milieu de la vis sans fin, les deux autres sont placées à égale distance l'une de l'autre.

Fig. 316, bloc de bois fortement attaché à l'un des pieds du support. La pièce *g* est vissée sur la face supérieure du bloc ; elle porte des coussinets, dans lesquels tourne l'axe transversal *h*, fig. 319 ; les coussinets sont maintenus ensemble par les vis *i*.

L'extrémité inférieure du pilier conique P, fig. 316 et 319, se termine par

une goupille cylindrique en acier *k*, fig. 319, laquelle passe à travers et tourne dans l'axe transversal *h*, où elle est retenue par un arrêt et une vis.

A l'extrémité supérieure du pilier conique est attachée la pièce *G*, fig. 319, dans laquelle tourne la vis sans fin. Les pivots de la vis ont la forme de deux cônes tronqués, joints par un cylindre, comme on le voit dans la fig. 320. Ces pivots sont contenus entre des coussinets, qui pressent seulement sur les parties coniques, et ne touchent point les parties cylindriques. les vis *a* maintiennent ensemble les coussinets, et elles peuvent être serrées quand on le juge nécessaire pour empêcher la vis de vaciller.

Sur l'axe de la vis est une petite roue de cuivre *K*, 316, 317, 319 et 320, dont la circonférence extérieure est divisée en 60 parties; chaque division est numérotée six fois de même, 1, 2, etc., jusqu'à 10. Le mouvement de cette roue marquée par l'index *y*, fig. 319 et 320, est placé sur la pièce *G*.

*H*, fig. 316, représente une partie du support, ayant une fente parallèle dans la direction du centre de la roue, assez grande pour recevoir la partie supérieure du pilier de cuivre conique *P*, lequel porte la vis et la pièce dans laquelle elle est montée. La résistance qui a lieu, quand la vis sans fin fait mouvoir la roue, pressant contre le côté gauche de l'entaille *H*, ce côté est couvert par le cuivre, et le pilier est pressé contre lui par un ressort placé du côté opposé. Par ces moyens, le pilier est fortement soutenu latéralement, et cependant les vis peuvent être aisément poussées hors ou vers la circonférence de la roue, et le pilier tourne librement sur son axe pour prendre les directions que lui donne la pièce *L*.

A chaque coin de la pièce *I*, fig. 319, sont des vis *n* d'acier trempé, ayant des pointes coniques bien polies: deux de ces vis tournent dans des trous coniques pratiqués dans la pièce de la vis, près de *o*, et les pointes des deux autres tournent dans les trous de la pièce *G*. Les vis *p*, qui sont en acier, sont faites pour empêcher les vis à pointes coniques de se dévisser lorsque la pièce est en mouvement.

*L*, fig. 316, 317 et 321, est une pièce de cuivre qui sert à lier la vis sans fin, sa monture, etc., avec le centre de la roue; chaque bras de cette pièce est terminé par une vis d'acier qu'on peut faire passer dans tous les trous *q* de la pièce *Q*, fig. 319, suivant ce qu'exige l'épaisseur de l'objet qui doit être divisé par la roue. Ces vis sont attachées au moyen d'écrous *r*, fig. 316 et 317.

A l'extrémité de cette pièce est une plaque d'acier *b*, fig. 321, ayant un cran triangulaire. Quand la vis sans fin presse contre les dents placées sur la circonférence de la roue, ce qui peut se faire en tournant la vis *S*, fig. 316 et 317, de manière à presser le ressort *t*, ce cran saisit et presse l'axe d'acier *d*. L'extrémité de la pièce peut être élevée ou abaissée en déplaçant le coulant prismatique *a*, fig. 317, que l'on peut fixer à la hauteur désirée au moyen des quatre vis d'acier *v*, fig. 316, 317 et 321.

A la partie inférieure du coulant est un cran *K*, fig. 316 et 321, dont le plan est parallèle à la vis sans fin, et la pointe de l'arbre *d*, fig. 318, en reposant dans ce cran, empêche cette extrémité de la pièce de vaciller. On empêche la vis *S*, fig. 316 et 317, de se dévisser en serrant l'écrou *w*.

On coupe les dents placées sur la circonférence de la roue de la manière suivante :

« Ayant examiné en quel nombre de dents il convenait de diviser la circonférence de cette roue, j'ai trouvé pour résultat 2,160, ou 360 multiplié par 6. J'ai fait deux vis de la même dimension, en acier trempé, de la manière qui sera décrite plus bas ; les intervalles entre les pas étaient tels, qu'ils pourraient aller dans les limites de ce qui serait tourné de la circonférence de la roue. L'une de ces vis, destinée à couper les dents, fut entaillée en travers des pas, de sorte qu'elle pût couper en scie lorsqu'en tournant elle presserait sur la circonférence de la roue. Alors, prenant un segment de cercle d'un peu plus de 60 degrés, et à peu près du même rayon que celui de la roue, et la circonférence étant très exacte, je décrivis un arc près du bord, et je tirai la corde de 60 degrés. Ce segment étant mis à la place de la roue, j'entaillai son côté, et je comptai le nombre des révolutions et des pas de la vis compris dans l'arc de 60 degrés. Je corrigeai alors le rayon selon la proportion de 360 révolutions qui devaient avoir lieu en 60 degrés, au nombre que j'avais trouvé. Ensuite je pris avec un compas ce rayon ; tandis que la roue était sur le tour, une pointe du compas fut posée dans son centre, et l'autre décrivit un cercle sur l'anneau. Alors la moitié de l'épaisseur des pas de la vis étant prise comme diviseur, je la portai en dehors du cercle, et je décrivis un autre cercle coupant ce point ; puis je fis un trou sur la circonférence de la roue, de la même forme que celle de la vis au bas des pas, et le fond de ce trou fut ajusté au même rayon ou distance du centre de la roue, que l'extérieur des deux cercles.

« La roue étant alors ôtée du tour, la pièce de laiton D, fig. 318, fut vissée sur elle à demeure, comme il a été dit ci-dessus.

« Je décrivis un cercle d'un centre très exact, sur l'anneau C, fig. 316, 317 et 318, d'environ 0<sup>m</sup>0025, en dedans duquel devait se trouver la base des dents. Je divisai ce cercle avec la plus grande précision, d'abord en cinq parties, puis chaque partie en trois. Je partageai en deux ces parties quatre fois, c'est-à-dire en supposant que toute la circonférence contient 2,160 dents. En la divisant en cinq parties, chaque partie contiendrait 432 dents ; lesquelles parties, divisées également en cinq divisions, contiendraient 144 dents ; et cet espace, divisé en quatre, donnerait 72, 36, 18 et 9 ; donc chacune des dernières divisions contiendrait 9 dents. Mais, comme je craignais que quelques erreurs ne résultassent de la quinquesection et de la trisection, je décrivis un autre cercle sur l'anneau C (fig. 322), dont le diamètre avait 0<sup>m</sup>0025 de moins que le premier, et je le divisai par de successives bisections, comme 2160, 1080, 540, 270, 135, 67 et demi, et 33 un quart. Comme le fil de métal fixe (que nous décrirons tout à l'heure) coupait les deux cercles, je pus examiner leur coïncidence à chaque 135 révolutions (après avoir coupé, je pus l'examiner à chaque 33 3/4). N'ayant trouvé aucune différence sensible entre les deux suites de divisions, je fis choix de la première pour couper ; et comme la coïncidence du fil de métal fixe, avec une intersection, pouvait être plus exactement déterminée qu'avec un point ou division, je fis usage d'intersections dans les deux cercles ci-dessus décrits.

« Les bras de la pièce L, fig. 322, furent liés par une mince pièce de cuivre, large de 0<sup>m</sup>0192, ayant dans le milieu un trou de 0<sup>m</sup>0025 de diamètre. A travers ce trou un fil d'argent fut fixé de manière à ce qu'il se confondit avec un rayon de la roue. La coïncidence de ce fil avec les intersections put être examinée avec une lentille d'un foyer de 0<sup>m</sup>0036, fixée dans un tube attaché à

l'un des bras L'. Par une manivelle adaptée à l'extrémité de la vis, la division marquée 10 sur le cercle K, fut placée sur son point, et par le moyen d'un crampon et d'une vis à serrer, faite exprès, l'intersection marquée 1 sur le cercle C fut ajustée pour coïncider exactement avec le fil métallique fixe. Alors la vis étant fortement pressée contre la circonférence de la roue, je déplaçai le crampon, et je fis faire à la vis, au moyen de sa manivelle, neuf révolutions, jusqu'à ce que l'intersection marquée 240 arrivât près du fil. Desserrant ensuite la vis S, je relâchai la vis de la roue, et je la fis tourner en arrière jusqu'à ce que l'intersection marquée 2 coïncidât avec le fil; et au moyen du crampon ci-dessus mentionné, la division 10 sur le cercle étant mise à son point, la vis fut pressée contre le côté de la roue par la vis à tête S. Le crampon fut alors déplacé, et la vis tournée neuf fois, jusqu'à ce que l'intersection marquée 1 coïncidât presque avec le fil; la vis fut éloignée de la roue en détournant la vis S comme nous l'avons indiqué ci-dessus. On fit ensuite tourner la roue jusqu'à ce que l'intersection 3 coïncidât avec le fil; la division 10 sur le cercle étant mise à son point, la vis fut pressée contre la roue comme avant, et après neuf révolutions de cette vis, l'intersection 2 coïncidait presque avec le fil, et la vis était éloignée. Je procédai de cette manière jusqu'à ce que toutes les dents fussent marquées sur la circonférence de la roue. La même chose fut répétée trois fois pour rendre l'impression de la vis plus profonde; alors je traçai les divisions tout autour de la roue, toujours dans la même direction, sans dégager la vis; et les dents se trouvèrent achevées.

Il est évident que, si la circonférence de la roue était seulement d'une dent ou de dix minutes plus grande que la vis ne l'exige, cette faute serait, dans le premier exemple, réduite à la trois cent dixième partie d'une révolution, ou deux secondes et demie: et ces erreurs ou inégalités des dents se distribueraient également autour de la roue, à la distance de neuf dents l'une de l'autre. Maintenant, comme la vis en travaillant a continuellement été engagée dans plusieurs dents à la fois, et que celles-ci se sont constamment succédées les unes aux autres, les inégalités se trouvent bientôt corrigées naturellement, et les dents sont parfaitement égales. On ôte alors la pièce de cuivre qui porte le fil, ainsi que la vis à tailler et une vis simple (que nous décrirons ensuite) la remplace: à l'extrémité de la vis est un petit cercle de cuivre, dont la circonférence est divisée en soixante parties égales, et numérotée de six en six divisions, comme on l'a dit plus haut.

A l'autre extrémité de la vis est une roue dentée *c*, ayant soixante dents, et couverte par le cercle creux *d*, fig. 320; lequel porte deux cliquets, qui prennent les deux côtés opposés des dents, quand la vis doit être poussée en avant. Le cylindre S tourne sur un fuseau d'acier F, qui passe à travers la pièce Y, sur laquelle il est vissé fortement; cette pièce, pour plus grande solidité, est attachée à la pièce de la vis G, fig. 319, par les bras *v*; une rainure en spirale, ou filet, est coupée sur l'extérieur du cylindre S, qui sert à tenir la corde et à faire mouvoir le levier J sur son centre, par le moyen d'une dent d'acier *n*, qui

\* Les intersections sont marquées sur la planche pour la clarté de l'explication, quoique réellement elles soient invisibles, étant placées sous la plaque de cuivre.

engrène les filets de la spirale. Au levier tient une forte goupille d'acier *m*, sur laquelle tourne une douille de cuivre *v*, qui passe dans une entaille de la pièce *p*, et peut être serrée dans toutes ses parties par la vis *f*; cette pièce sert à régler le nombre des révolutions de la vis pour chaque mouvement de la pédale R.

T, fig. 316, est une boîte de cuivre contenant un ressort en spirale; une forte corde à boyau est tournée trois ou quatre fois sur la circonférence de cette boîte, qui fait aussi plusieurs tours sur le cylindre S; d'où elle est attachée à la pédale R, fig. 316. Quand on pèse sur la pédale, la corde tire le cylindre, et le fait tourner autour de son axe; les cliquets prenant alors les dents, emportent la vis en tournant avec elle, jusqu'à ce que la dent *u* s'engrenant dans la spirale, le levier J, fig. 319, est porté près de la roue *a*, et le cylindre est arrêté par la tête de la vis *a*, frappant sur le sommet du levier J. En même temps le ressort est remonté par l'autre bout de la corde qui passe autour de la boîte T, fig. 316. Quand le pied quitte la pédale, le ressort se détend de lui-même, pousse le cylindre en arrière, et les cliquets sont dégagés de la vis et de la roue à dents, jusqu'à ce que la pièce *t* frappe sur l'extrémité de la pièce *p*, fig. 316; le nombre des révolutions de la vis, à chaque pas, est limité par le nombre des révolutions qu'on laisse faire au cylindre en arrière, avant que l'arrêt frappe sur la pièce *p*.

Quand la vis sans fin a tourné autour de son axe avec une vitesse considérable, son mouvement continue un peu après que le cylindre, fig. 316 et 319, a été arrêté. On obvie à cet inconvénient au moyen du petit levier *n*, fait de manière que, lorsque le levier J est près d'arrêter la vis *x*, il presse la pièce *x* du levier angulaire, par une petite cannelure; celui-ci porte l'autre bout *v*, du même levier, en avant, et arrête la vis sans fin par la goupille d'acier *μ*, qui frappe sur son sommet: le pied du levier est encore élevé par un petit ressort qui presse les crochets *v*.

Deux jumelles D liées par la pièce *a*, glissent, l'une sur un bras du corps de machine L, l'autre sur l'autre, fig. 316, 317 et 321; et peuvent être fixées à volonté par les quatre vis *e*, qui pressent contre les ressorts d'acier pour éviter de gâter les bras; la pièce *g* est faite pour tourner, sans secousse, entre deux vis à pointes coniques *f*, que l'on empêche de se dévisser, en serrant les écrous N.

La pièce *m*, fig. 321, est disposée pour tourner sur la pièce *g*, par les vis à pointe *s*, reposant dans les centres creux *e*.

Comme on a souvent besoin de couper des divisions sur des plans inclinés adaptés à cet effet, la pièce *γ*, dans laquelle le diviseur est fixé, porte à chaque bout un axe conique, qui tourne dans des coussinets; quand le style diviseur est incliné, il peut être fixé dans cette position en serrant les vis d'acier *b*.

*Description de la machine avec laquelle la vis sans fin de l'appareil à diviser a été coupée.*

Fig. 324, représente un côté de la machine dans ses dimensions réelles.  
Fig. 323, face supérieure de la machine, vue à vol d'oiseau.



A, barre d'acier triangulaire, à laquelle les trous triangulaires des pièces B et C sont exactement proportionnés, et sur lesquelles ces pièces peuvent être fixées par les vis D, en un point quelconque.

E, pièce d'acier, sur laquelle la vis doit être coupée; cette pièce, après avoir été durcie et trempée, reçoit des pivots tournés dans la forme de deux cônes tronqués, comme on le voit dans les dessins de la machine à diviser, fig. 326; ces points ont été exactement ajustés dans les coussinets F et T, qui sont maintenus ensemble par les vis z.

H, vis d'acier non trempé, ayant un pivot I, qui tourne dans le trou k; à l'autre bout de la vis est un centre creux, qui reçoit la pointe conique dure de la goupille d'acier m. Quand cette pointe est suffisamment pressée contre la vis pour l'empêcher de vaciller, on fixe la goupille d'acier en serrant les vis Y.

N, noix cylindrique mobile sur la vis H, qui empêche toute secousse, et peut être serrée par les vis O. Cette noix est liée avec la pièce P par l'embranchure W, à travers laquelle passe l'arbre de la vis H. On voit cette pièce de face, et sa coupe transversale à l'arbre de la vis, en X. Cette embrasure est liée à la noix par deux coulants d'acier S, qui tournent sur des goupilles entre les jumelles T. Les extrémités opposées de ces coulants S tournent de la même manière sur les goupilles a; un axe de la jointure tourne dans un trou sur l'aiguille b, lequel est fixé sur la pièce P; et l'autre tourne dans un trou d, pratiqué à cet effet dans la même pièce qui porte l'aiguille b. Par ces moyens, quand on tourne la vis, la pièce P glisse d'une manière uniforme sur la barre triangulaire A.

K, petite tige d'acier triangulaire, qui glisse dans une rainure de la même forme sur la pièce P. La pointe de cette barre ou ciseau est de la grosseur des filets que l'on veut tailler sur la vis sans fin. Quand le ciseau est disposé pour mordre sur la vis qu'on veut préparer, on peut le fixer en serrant les vis c, qui pressent les deux pièces de cuivre sur la vis.

Après avoir mesuré la circonférence de la roue à diviser, je trouvai qu'elle exigeait une vis moins fine, d'environ un filet sur cent, que la vis conductrice H, et que celle placée sur la tête E, sur laquelle la vis devait être coupée, serait dans le rapport convenable pour produire cet effet, en donnant à la roue L 198 dents, et à la roue Q 200. Ces roues furent mises en communication l'une avec l'autre, par la roue intermédiaire R, qui servit de plus à donner aux filets des deux vis la même direction.

La pièce P est limitée dans son mouvement sur la barre A par des pièces g, et l'on peut la faire glisser au point d'être suffisamment serrée avec les vis a.

#### TOURS ET APPAREILS A TOURNER.

Le tour est une machine usitée pour tourner le bois, l'ivoire, les métaux et autres matières.

Le tour ordinaire est composé de deux jumelles ou côtés de bois, parallèles à l'horizon, ayant entre elles une ouverture ou rainure. Deux pièces, nommées poupées, sont perpendiculaires aux premières, glissent entre elles, et sont

fixées en descendant au point que l'on veut. Ces pièces sont pourvues de deux pointes au milieu desquelles est soutenue la pièce qu'on veut façonner. Elle tourne dans les deux sens par le moyen d'une corde qui l'entoure, et s'attache en dessus au bout d'un bâton pliant, et en dessous à une planche qui forme pédale, et que l'on fait mouvoir avec le pied. Il y a aussi un arrêt qui porte sur l'instrument et le maintient.

Nous allons donner la description, faite par M. J. Farey, des tours perfectionnés, fabriqués par M. Henri Maudsley, de Margaret-street, Cavendish square.

A, fig. 325, est une grande roue avec quatre gorges sur sa circonférence; elle est mise en mouvement par une manivelle B et une pédale C, à la manière ordinaire; la corde qui passe autour de cette roue passe également sur une roue plus petite appelée *mandrin*; elle est composée de quatre roues accolées, de différents diamètres, afin de pouvoir augmenter ou diminuer la vitesse de la pièce qu'on veut tourner; chacune porte une gorge sur sa circonférence qui correspond aux quatre gorges de la grande roue A, pour que la même corde puisse s'appliquer aux différentes gorges du mandrin D: la roue A peut être élevée ou baissée par une vis *a* et par une autre placée à l'autre bout de l'essieu; la verge de connexion C peut être allongée ou raccourcie, en vissant les crampons aux deux extrémités plus ou moins avancées. L'extrémité M de l'axe de la roue D, fig. 326, se termine par une pointe pour entrer dans un trou fait au bout d'une vis placée dans le montant E, fig. 325; l'autre extrémité de l'axe de la roue D, fig. 326, est conique et tourne dans une crapaudine placée dans le montant F, fig. 325, en sorte qu'en serrant la vis placée dans E, l'extrémité conique F peut en même temps être ajustée dans la crapaudine. La poupée G a un trou cylindrique percé dans son sommet, pour recevoir la verge pointue et polie *d*, que met en mouvement la vis *e*, et qui est fixée par la vis *f*; la poupée en entier est fixée sur la barre triangulaire prismatique H par une jumelle, 332, dont les deux extrémités *a b* passent à travers les trous *b*, dans le bas de la poupée G sous la barre, et le tout est fixé par la vis *e* qui presse contre. Par ces moyens, la poupée peut être dégagée de la barre sans ôter le support I, comme dans les tours ordinaires. L'usage de la barre triangulaire a été trouvé de beaucoup préférable à celui de la barre double rectangulaire ordinairement employée. L'arrêt J est un appareil semblable; il est composé de trois pièces, fig. 337, 325 et 329. Fig. 328 est une des pièces dont l'ouverture *abc* est soutenue par la barre H, fig. 425; les quatre pieds *ddd*, fig. 329, sont alors placés sous la barre dans les retraites, fig. 328, qui sont faites pour les recevoir, en sorte que les entailles dans *ddd* puissent être de niveau avec le sommet de la fig. 328. Les deux languettes *ef*, fig. 327, glissent dans des entailles au sommet de *ddd*, fig. 328, pour tenir le tout ensemble; la rainure *i* reçoit une pièce correspondante sur *ef*, fig. 327, pour la rendre stable; la totalité de la fig. 327 a un couvercle métallique pour retenir les copeaux et les empêcher d'entrer dans les rainures. Il est clair qu'en serrant la vis *h*, placée au bas de la fig. 329, le tout sera fixé et ne pourra glisser le long de la barre H, et la fig. 327 ne pourra glisser dans une direction perpendiculaire à la barre. La pièce *l*, fig. 327, sur laquelle l'instrument est établi, se hausse ou se baisse à volonté; elle est fixée par une vis *m*. Sur l'extrémité *n* du noyau P, fig. 325 et 326, on visse, quand l'occasion l'exige,

une soubarbe universelle pour soutenir tous les ouvrages que l'on veut tourner. (V. fig. 330.) A est l'écrou pour recevoir la vis *n*, fig. 325; près de l'extrémité de A est une autre vis BB, dont le mouvement rétrograde est empêché par un collier fixé au milieu de sa hauteur par la vis A. Une extrémité de la vis BB est coupée à droite. L'autre extrémité à gauche, de manière qu'en tournant la vis dans un sens, les deux poupées E F s'éloignent l'une de l'autre, ou avancent l'une vers l'autre, quand la même vis tourne dans le sens contraire. Elles passent à travers une ouverture dans le banc à tourner C, et se projetant en dehors de cette pièce, elles portent des mâchoires comme celles d'un étau, par lesquelles l'objet qu'on veut tourner est tenu.

Pour tourner des surfaces de roue, des ouvrages creux, etc., où l'on a besoin d'une grande exactitude, M. Maudslay a inventé un appareil curieux, qu'il appelle outil-glissant, représenté fig. 331 : E E E marque l'ouverture pour recevoir la barre H, fig. 325, fixée par la jumelle, fig. 332, comme il est décrit ci-dessus ; le ciseau *fc* est fixé dans les deux cadres *bb*, par leur vis : ces cadres sont attachés à un plateau glissant *a*, qui peut être porté en arrière et en avant par la vis *e*, laquelle fait avancer ou reculer l'outil. La figure 333 représente renversée la partie A A, dans laquelle sont vues les vis *c*, fixées à chaque bout, et l'écrou *d*, attaché au côté inférieur du plateau *a*. Quand il est nécessaire que l'outil *c* ne soit pas parallèle au noyau P, la vis *e* et une autre semblable, placée derrière, doivent être relâchées ; l'outil, placé alors sous l'angle qu'on veut lui donner, est ensuite revissé solidement. Pour que la pièce A A ait un mouvement circulaire et régulier, on a pratiqué un trou *f*, fig. 333, pour recevoir la cheville *g*, fig. 338, sur le plateau B, autour de laquelle la pièce A A tourne comme autour d'un centre. Il y a trois trous de chaque côté du plateau B, fig. 336, pour recevoir la vis *e* dans différentes positions, et donner à l'outil une portée plus grande que les ouvertures SS ne l'admettent.

La partie E E E E, représentée seule et renversée, fig. 334, est en fonte, et porte une vis *h*, qui tourne dans un écrou *t*, fixé à la partie inférieure du glissant H, fig. 335. en *t*, lequel glisse dans les rainures *i*, fig. 331 et 334 ; à une extrémité de cette pièce est une boîte contenant une vis *m*, que nous décrirons plus loin, et à l'autre se trouve la pièce de cuivre K K. Près de la même extrémité du glissant est une tige L, qui se projette au-dessus du plateau. et qu'on fait passer dans une ouverture *j*, fig. 336, pour le rendre stable ; tandis que l'autre extrémité C, fig. 336, passe à travers une ouverture M, dans la boîte D, fig. 335. Dans la partie C, une fente oblique reçoit un bouton qui se projette de l'écrou *n*, où travaille la vis *m*, fig. 335. Par cet arrangement il est évident que si l'on tourne la vis *m*, l'écrou *n*, agissant contre la paroi de la fente *ll*, comme plan incliné, la fera avancer ou reculer, dans l'ouverture M ; un couvercle métallique *r*, fig. 338, est posé sur l'ouverture où sont placés l'écrou *n* et la vis *m*, afin d'empêcher les copeaux de tomber dedans.

Près des quatre coins de la pièce, fig. 336, sont quatre petites saillies *oooo*, dont les côtés sont inclinés, et s'adaptent aux quatre ouvertures *pppp*, fig. 337 et 331 : ces ouvertures sont pratiquées dans deux plateaux de cuivre vissés à angles droits sur le plateau B B, fig. 331 et 337 : les extrémités *qqqq* de ces plateaux glissent entre les coins de la pièce K K et de la boîte D, de manière à empêcher tout mouvement qui ne serait pas vertical.

Quand on fait usage de cet instrument glissant, la poupée G doit être dé-

placée et poussée en arrière plus loin que F. L'instrument étant alors placé sur la barre H. fig. 325, est fixé sur l'arrêt *j* par la jumelle, fig. 332; la distance du centre *n* est ajustée par la vis *h*, qui fait mouvoir le glissant, fig. 335, dans les rainures *i*, fig. 331 et 334, avec tout son appareil. La vis *m*, fig. 331 et 335, peut, comme on l'a décrit ci-dessus, faire mouvoir le glissant, fig. 336, dans une direction perpendiculaire à la barre H, fig. 325, et ses saillies *oo*, agissant contre les fentes *pp*, fig. 331 et 337, à la manière de plans inclinés, élèvent ou abaissent le plateau B suivant le besoin.

L'instrument, qui a été auparavant fixé dans les cadres *bb*, peut être mis sous l'angle convenable en lâchant la vis *e*, comme on l'a dit ci-dessus. Enfin l'instrument, avec les cadres *bb* et le glissant *a*, peut être avancé ou reculé en faisant tourner la vis *e*. Les écrous des vis *e* et *h*, fig. 331, ne sont pas fixés solidement aux plateaux glissants, mais tenus par deux chevilles *t*, fig. 335, qui s'adaptent à des rainures *u*, fig. 334, de chaque côté de l'écrou : par ce moyen on peut toujours ôter le plateau, en enlevant seulement un des glissants de cuivre des rainures *i* sans toucher à la vis ni à l'écrou. Afin que les rainures soient toujours justes pour leurs glissants, les deux pièces de cuivre *yy*, fig. 331, qui forment les parois des rainures, ont des trous elliptiques pour les vis *v*, de manière à pouvoir, quand les vis sont relâchées, être poussées en dedans par la vis *w*, qui tourne dans un massif de métal coulé d'une seule pièce avec la partie A A.

Les grands tours dont M. Maudslay se sert dans ses manufactures, au lieu d'être mis en action avec le pied, comme ceux représentés fig. 325, sont mus à la main. La roue et le volant que les hommes mettent en mouvement font tourner, au moyen d'une corde sans fin, une autre roue fixée au plafond, directement au-dessus de la première. Sur l'axe de cette roue est établie une roue plus large qui fait tourner une poulie, fixée au plafond, directement au-dessus du mandrin du tour; cette dernière porte sur son axe une roue plus grande qui communique le mouvement au mandrin par le moyen d'une corde sans fin. Ces dernières roues sont fixées dans une pièce de fonte qui tourne sur une charnière, et cette pièce a toujours une grande tendance à s'élever en conséquence de l'action d'un poids très fort, dont la chaîne, après avoir passé sur la poulie, est attachée à la pièce de fonte. Ce poids non seulement tient serrée la courroie qui passe sur le mandrin, mais il la fait tomber juste, comme elle doit être entre les deux roues du plafond. Comme il faut que l'ouvrier puisse arrêter le tour, sans que les hommes qui font tourner la grande roue soient obligés de s'arrêter, deux rouleaux ou poulies sont établis sur l'axe de la roue au-dessus du tour pour recevoir la courroie qui descend de l'autre roue au plafond; l'une de ces poulies, appelée poulie fixe, est fixée à l'axe et tourne avec lui, et l'autre, qui glisse autour, se nomme poulie folle : elles sont fort près l'une de l'autre, en sorte qu'en passant la courroie sur la poulie folle elle ne fait plus tourner l'axe; mais si la courroie glisse sur l'autre, elle l'entraîne avec elle. Ce mouvement est opéré par une barre horizontale portant deux tiges debout entre lesquelles passe la courroie. Cette barre est conduite dans la direction nécessaire pour placer la courroie sur la poulie folle, par le moyen d'un fort ressort en spirale; dans la direction opposée, elle est conduite par une corde attachée sur elle, et qui, passant sur une poulie, tombe à la portée de la main de l'ouvrier; à cette corde est suspendu un

pois assez lourd pour agir contre le ressort, rejeter la courroie sur la poulie fixe, et faire aller le tour; quand le poids est posé sur une petite tablette disposée exprès, le ressort agit et l'arrête.

M. Maudslay a encore quelques instruments additionnels, pour couper les dents des roues, dans lesquels la face du mandrin D, fig. 325, porte 70 cercles concentriques, chacun desquels est divisé en divers nombres de parties égales par des petits trous.

Un petit arrêt *x*, fig. 325, tourne sur une vis fixée dans le montant F; cet arrêt est en acier mince, et fixé de manière que, lorsqu'il est tourné en haut et que sa pointe est insérée dans une des divisions du mandrin, il ait assez de ressort pour le retenir. La roue que l'on veut denter est attachée par le moyen d'une soubarbe à la vis *n*, et après qu'elle a été tournée dans la forme désirée, on ôte l'arrêt et on le remplace par l'instrument *j*. Une barre carrée est alors posée dans les deux cadres *b b*, fig. 331; cette barre a deux branches pour soutenir les extrémités d'un axe près d'un des bouts duquel est une poulie; et à l'autre, quatre ciseaux sont fixés perpendiculairement dans l'axe, pour tailler les dents (au lieu de la scie circulaire communément employée) et la poulie tourne (avec l'intervention de plusieurs roues pour augmenter sa vitesse), par la même grande roue que le tour, avec une vitesse de 7,300 révolutions par minute. Alors le mandrin est fixé par l'arrêt *u*, fig. 325, et le ciseau avance vers la roue par le moyen de la vis *e*, fig. 331; quand la dent a été coupée, on retire le ciseau et on tourne le mandrin sur une autre division, où l'on coupe une dent de la même manière.

Dans la partie de la pièce du coupoir où la barre fixée à l'instrument glissant se lie aux deux branches, est une charnière au moyen de laquelle le coupoir peut être mis dans une position inclinée pour tailler des dents obliques, comme celles qui doivent travailler avec une vis sans fin. La grande vitesse avec laquelle tourne l'axe, produit bientôt, par l'effet du frottement et de la résistance, un degré de chaleur suffisant pour lui donner une dilatation sensible; mais l'ingénieur mécanicien, prévoyant cette circonstance, y a judicieusement pourvu en faisant l'axe assez court pour jouer librement dans les crapaudines au commencement de l'action; au bout de quelques secondes la dilatation est telle que le tout est parfaitement juste, et l'opération marche avec exactitude et sûreté.

M. Smart, de Westminster, a trouvé des perfectionnements très utiles dans l'art de tourner; il a inventé particulièrement une méthode fort simple pour tourner des cylindres et des cônes de bois.

Sa machine à tourner est vue fig. 339 et 340; les pieds L, les poupées A B, les jumelles *oo*, les pointes et les vis M N R, la manivelle D, etc., diffèrent fort peu des constructions ordinaires.

Autour du mandrin E passe une courroie *ff*, qui entoure aussi une large roue, que l'on ne voit pas dans la figure; et quand cette roue tourne avec une vitesse modérée, elle communique une vitesse considérable au mandrin E et à la longue pièce de bois G que l'on veut rendre cylindrique. Cette pièce est d'abord taillée en octogone. La pièce coupante H contient un instrument de fer aigu qui doit répondre à l'objet du gouge à tourner ordinaire, et qui est ajusté dans la pièce de manière à faire saillie hors de sa partie intérieure, comme le fer du rabot des charpentiers, pour les ouvrages ronds ou ovales.

Pendant que la pièce *g* tourne rapidement par le moyen de la grande roue, qu'un homme fait aller, un autre homme pousse doucement la pièce *h*, de *L* vers *M*, la partie la plus basse de la machine s'ajustant entre les jumelles *oo*, et glissant au milieu d'elles. Par ce procédé, la pièce *g* est tournée en cylindre, légèrement poli; et pour le polir tout à fait, un second coupoir placé dans une pièce *J*, proportionnée à un plus petit cylindre que le premier, est de même poussé de *I* à *M*. Cette opération peut se faire si vite qu'un cylindre de 1<sup>m</sup>80 de longueur et de 0<sup>m</sup>10 de diamètre, peut être présenté au tour et tourné en moins d'une minute.

*M. Smart* donne une forme conique à l'une des extrémités de ces cylindres avec une très grande facilité, par le moyen d'une lame coupante *K* fixée dans une pièce de fer creusée en cône. Sa partie étroite reçoit la pointe de la vis *s*, fig. 340, à laquelle une extrémité du cylindre *G* est attachée. A mesure que le cylindre tourne, le coupoir *K* est conduit doucement sur lui par le moyen du cône creux, et donne bientôt à cette extrémité du cylindre la forme conique demandée.

On trouve dans les *Exercices mécaniques* de *Morion* quelques observations importantes pour tourner des vis, des ovales, des cubes, des rosaces, etc. Il faut voir de plus la description d'un *Tour pour faire sans arbre toutes sortes de vis*, par *M. Grandjean*, imprimée dans le *Recueil des machines et inventions approuvées par l'Académie royale des sciences*, tome 5, et la méthode de *M. Healy* pour couper des vis au moyen du tour ordinaire.

Avant de parler des différentes branches de nos manufactures où nous trouverons la mécanique sous ses formes les plus compliquées, il n'est peut-être pas hors de propos de jeter un coup d'œil rapide sur le chemin que nous avons fait parcourir au lecteur pour l'amener au point où nous sommes. Nous avons d'abord traité des machines simples et des propriétés de la matière, comme si nous nous adressions à des personnes totalement étrangères à ce sujet; et après en avoir suffisamment développé les principes fondamentaux, nous avons démontré l'action des forces motrices. Nous avons aussi conduit nos lecteurs pas à pas jusqu'à la parfaite connaissance des lois invariables de la mécanique, avant de leur présenter certaines machines simples qui agissent ensemble ou séparément, comme accessoires, dans nos manufactures. Nous avons donné des dessins de ces machines, et nous les avons expliquées avec tant de détail que nous espérons que les personnes qui auront commencé la lecture de cet ouvrage sans avoir aucune connaissance de la science qu'il traite, concevront et apprécieront l'excellence des combinaisons qui y sont développées.

## DES USINES A FER.

Les travaux que nécessite l'extraction du fer de son minerai, étant très difficiles et très dispendieux, n'avaient fait, jusqu'aux dernières années du siècle passé, que de très faibles progrès. Mais l'esprit d'entreprise qui s'est manifesté dans presque toutes les branches de notre industrie, surtout depuis la révolution française, joint à d'immenses capitaux et à la difficulté de les employer d'une manière plus avantageuse, a donné aux usines à fer une impulsion remarquable.

Les minerais qui fournissent ce métal consistent en fer combiné avec de l'oxygène, de l'acide carbonique, et différentes proportions de matières terreuses.

On divise en deux classes les matières terreuses qui se combinent avec le fer : les unes nommées argileuses, parce qu'elles abondent en alumine ou terre glaise ; les autres calcaires, parce qu'elles contiennent de la chaux. Les premières sont les plus communes, et c'est sans doute pour cela que ceux qui exploitent le fer, accoutumés à le trouver le plus souvent mêlé à l'argile, emploient, sans faire attention aux qualités particulières du minerai qu'ils traitent, la pierre à chaux, comme fondant lorsque souvent la mine surabonde déjà en matière calcaire.

Cependant ni la chaux, ni l'argile, ne sont fusibles séparément, même à la chaleur des fourneaux dits hauts-fourneaux, employés pour la fonte du fer ; mais mêlés ensemble, elles fondent souvent à la chaleur des fours à brique, de même qu'un alliage de deux métaux devient fusible à une température bien plus basse que celle nécessaire pour la fusion des deux métaux isolés.

Il serait donc à désirer que les maîtres de forges connussent mieux la nature des minerais, et les degrés de fusibilité correspondant pour leurs diverses combinaisons. Ils pourraient alors choisir la substance convenable à ajouter au minerai, pour obtenir des laitiers plus fusibles. Sous ce point de vue, il ne sera peut-être pas inutile de donner ici une analyse des minerais, par laquelle on pourra apprendre à distinguer les proportions de leurs constituants terreux, et la quantité de chaux ou d'argile nécessaire à ajouter suivant ces proportions.

Le coke, combustible ordinairement employé en Angleterre pour fondre le minerai de fer, doit toujours être en quantité déterminée, et sert de base pour la proportion des autres substances exposées à la chaleur du fourneau. Les proportions entre le minerai et la chaux varient suivant la quantité de fer que peut produire un fourneau pendant un temps donné.

On appelle charge de fourneau, la quantité de minerai et de pierre à chaux que l'on peut ajouter au coke que l'on consomme dans l'opération. La charge détermine la quantité de fer produite. Quelques hauts-fourneaux ne donnent pas plus de 13 à 14 tonnes par semaine, tandis que d'autres de même dimension en donnent 60 à 70 dans le même espace de temps ; dans le dernier cas, la charge du fourneau est très grande, puisque le minerai est quelquefois au coke dans la proportion de 13 à 7 ; mais alors la qualité de la fonte est inférieure, parce qu'elle contient moins de carbone.

La charge du fourneau est donc moindre en raison de la quantité de carbone que doit contenir le fer ; par exemple, pour faire de la fonte N° 1, qui est la meilleure, on charge moins le fourneau que pour faire la fonte commune, dite fonte blanche.

Pour donner une idée générale des proportions nécessaires entre le minerai, le fondant et le combustible chargés ensemble dans un fourneau, nous donnerons les quantités telles qu'elles ont été établies par M. Muschett, pour la fabrication de la fonte de bonne qualité, ou fonte grise, qui est l'intermédiaire entre la fonte N° 1 et la fonte blanche. Le minerai est argileux, il contient environ 27 pour 100 de fer ; le charbon de terre est assez doux sans être extrêmement bitumineux, et la chaux est de bonne qualité. Le fourneau,

reçoit des soufflets environ 70 mètres cubes d'air par minute, par une ouverture circulaire de 7 centimètres de diamètre.

Il est d'usage, pour le travail de ce fourneau et de la plupart des hauts-fourneaux, de diviser les ouvriers en deux postes, dont l'un relève l'autre à chaque 12 h. ; ces périodes sont nommées journées, et le terme moyen des charges de coke pour chaque journée est de cinquante, pesant ensemble environ six tonn. La quantité de minerai grillé est égale à celle du coke pour fabriquer la fonte grise, et pour obtenir de la fonte blanche, la moins carburée de toutes, la proportion est 6 de coke pour 7 de minerai. La pierre à chaux, dans les mêmes circonstances, est au coke comme 4 à 11. En calculant sur la charge ci-dessus spécifiée pour une journée, c'est-à-dire 12 h., le fourneau donne environ 40 tonn. par semaine.

Après que le minerai a été extrait de la mine, et monté au jour par des machines à vapeur, on le soumet à un procédé pour en chasser l'eau, l'acide carbonique et le soufre : ce procédé se nomme *grillage*. Il consiste à disposer le minerai par couches, avec du rebut de mine de houille, nommé *slack* dans le Staffordshire, et à y mettre le feu en plein air.

Quand le minerai a été grillé, on le porte dans le haut-fourneau, dont la partie inférieure est remplie de charbon de houille appelée *coke* ( toujours en quantité déterminée ), la proportion de chaux ajoutée au minerai varie suivant la quantité de matière hétérogène avec laquelle le métal est combiné.

Une coupe d'un haut-fourneau est représentée fig. 346. A, au sommet du fourneau, est une ouverture nommée gueulard, par laquelle les matériaux sont introduits ; B est le corps du fourneau ; C, la tuyère où le vent est introduit, et D, une cavité appelée creuset pour recevoir le métal dégagé des matières terreuses.

Quand le soufflet joue, le métal, immédiatement au-dessus, commence à entrer en fusion, et tombe à travers le combustible dans la cavité D. Le minerai et le combustible qui se trouvaient plus haut descendent et remplissent l'espace laissé par le minerai fondu et le combustible consumé, et ainsi de suite.

Les ouvriers qui surveillent le fourneau prennent soin d'y remettre du charbon, du minerai et de la pierre à chaux, par l'ouverture A, et l'opération continue jusqu'à ce que la fonte s'élève dans le creuset D jusqu'au niveau de la tuyère.

Alors on enfonce un ringard dans un bouchon de terre grasse qui ferme la percée du creuset, et le métal coule dans des moules de sable ; en cet état, on l'appelle saumon de fonte ou gueuse.

Quand les laitiers qui coulent du fourneau sont d'une couleur verdâtre, c'est une marque que le fourneau est bien réglé ; mais quand la couleur tire sur le noir, cela annonce le contraire.

En donnant de la fonte N° 1, qui est la meilleure et qui contient la plus grande quantité de carbone, il arrive souvent qu'une partie de la fonte se combine avec un excès de carbone et donne du carbure ; et comme ce carbure est moins fusible que le fer, on le voit flotter à la surface en forme d'écaille lorsqu'on moule la fonte. L'apparition de ces écailles est un signe que le fourneau produit la meilleure espèce de fonte, appelée *fonte grise*.

La chaux et les terres fondues forment ensemble un verre appelé *laitier*,



lequel, étant beaucoup plus léger que le métal, flotte à sa surface, et, montant graduellement à mesure que le métal est accumulé dans le creuset, se décharge le long d'une plaque nommée la *dame*, que nous avons représentée par la ligne ponctuée autour de la lettre I, parce qu'elle ne doit pas être vue, puisqu'elle est perpendiculaire à la tuyère. T est ce qu'on nomme la pierre de tympe : elle forme une espèce de voûte sur la cavité par laquelle s'écoule le *laitier*, et l'empêche de tomber hors de la *dame*. t est une plaque de fonte qui donne à la pierre de tympe plus de solidité, de même que e remplit le même office pour la *dame*. Les scories, si elles ne sont pas enlevées pour ferrer les chemins, sont jetées comme inutiles.

Quelquefois on emploie deux tuyères, comme on le voit dans la fig. 347. Le fourneau qui, dans un temps donné, peut consommer la plus grande quantité d'air combustible et d'air produit la plus grande quantité de fonte.

L'air soufflé dans le fourneau est en raison de 28 à 112 mètres cubes par minute : il faut observer que la quantité de fonte obtenue ne répond pas à la proportion d'air injecté dans le fourneau. Par exemple, avec une machine soufflante, donnant 42 mètres cubes d'air par minute, on obtiendra 20 tonnes de fonte par semaine ; avec une machine produisant 45 mètres cubes par minute, on obtiendra 30 tonnes, et avec une autre de 170 mètres cubes, seulement 36 tonnes et demie. Une autre machine soufflante, dont la pression serait 200 grammes par centimètre carré, fabriquerait de 22 à 25 tonnes par semaine, tandis que deux tuyaux du même diamètre que le dernier, avec une pression de 240 grammes par centimètre carré, ne dépasseront jamais 30 tonnes.

Pendant l'été, la température de l'atmosphère, qui est plus élevée, fait que les fourneaux donnent plus de moitié en sus de la quantité qu'ils donnent en hiver, mais le fer est de qualité inférieure. Dans quelques usines, on conserve la qualité de la fonte par l'addition d'une plus grande quantité de combustible ; mais il en est d'autres où l'on ne pourrait obvier ainsi à cet inconvénient.

Nous ne présenterons point la forme du fourneau, fig. 346, comme la meilleure à adopter. Les maîtres de forges ont construit des fourneaux de formes un peu différentes, mais qui ont tous donné de bons résultats ; sans les détailler toutes, nous dirons sommairement que, quels que soient les matériaux des fourneaux, il faut toujours prendre soin qu'ils ne contiennent que l'humidité strictement nécessaire pour les construire.

En élevant le massif du fourneau, on doit laisser un espace d'environ 15 centimètres depuis le bas jusqu'au sommet, entre le massif intérieur et l'extérieur du fourneau. Dans cet espace on met des fragments de scories de la grosseur d'un œuf, afin que quand l'expansion provenant de l'intérieur du fourneau repousse les briques immédiatement en contact avec cette partie, les scories, pouvant jouer l'une sur l'autre, occupent moins d'espace, et présentent à la flamme et au feu, s'ils pouvaient pénétrer jusque là, une couche de sable verticale, solide, après avoir permis l'expansion de la cheminée intérieure du fourneau sur une étendue de quelques centimètres. Les effets de la pression sont ainsi détournés de la bâtisse, et amortis par la pulvérisation des scories.

On double les avantages de cette construction en employant un double mur de briques, et en laissant entre les deux murs un vide semblable, mais rempli

de sable grossier, qui n'ait pas plus d'humidité qu'il ne faut pour former un corps solide. Comme cette humidité s'épuise peu à peu par l'action lente de la chaleur du fourneau, le sable tient moins de place, ou, ce qui revient au même, devient susceptible d'un plus haut degré de compression ; et quand la dilatation graduelle du fourneau se fait, il est évident que la force est encore cette fois détournée contre le sable, au lieu d'agir directement pour élargir la circonférence du fourneau.

Mais ce qui importe plus que ces précautions, c'est le dessèchement régulier et progressif du fourneau qui doit être suivi avec beaucoup de soin pendant au moins deux ou trois mois.

Plusieurs méthodes ont été adoptées pour se procurer un soufflage régulier et égal. La première dont nous parlerons, et la plus usitée, consiste à décharger l'air produit par la machine à vapeur dans un cylindre intermédiaire plus grand, nommé *régulateur*. Ce cylindre contient un piston libre, que soulève l'air qui provient du cylindre soufflant ; il redescend pendant le coup suivant, et continue à pousser l'air dans le fourneau, ce qui maintient un soufflage plus uniforme que ne pourrait le faire le premier cylindre seul.

Comme on a éprouvé que ce moyen de régler le soufflage était bien loin d'être parfait, on a eu recours à d'autres. L'un d'eux consiste en une grande cuve ouverte à la partie supérieure, nommée *régulateur à eau*, dans lequel on place une autre cuve de moins de surface et de moins de capacité que la première. Cette cuve est renversée, et à travers le fond passe un tuyau qui communique avec le cylindre soufflant. La cuve intérieure est remplie d'eau, ainsi que l'espace compris entre elle et la cuve extérieure, et au même niveau. Maintenant si l'on suppose que l'air produit par le cylindre soufflant entre dans la cuve intérieure, l'eau déplacée par cet air descend dans la cuve intérieure et s'élève entre les deux cuves, jusqu'à ce que la colonne d'eau à l'extérieur soit assez haute pour faire équilibre à la force du vent. Cette colonne sera haute d'environ 3 mètres et pèsera environ 300 grammes par centimètre carré. Un autre tuyau, qui part de la cuve intérieure, se rend au fourneau où il communique un jet d'air presque uniforme. Ce jet varie seulement avec la hauteur de la colonne d'eau extérieure, qui diminue elle-même en proportion de l'augmentation de la surface extérieure de l'eau.

Cette invention, quoiqu'elle ait été quelque temps considérée comme une importante découverte, a été abandonnée par beaucoup de maîtres de forges, parce qu'elle porte dans le fourneau de l'eau qui le refroidit, et donne naissance à de la vapeur, ce qui pourrait affecter matériellement la qualité et la quantité du fer.

On a essayé d'un autre moyen appelé *caves à air*. La première expérience a été faite aux usines de la Clyde. On avait pratiqué une excavation dans un rocher où l'air était poussé par la machine soufflante ; mais cette tentative ne fut pas heureuse, à cause de l'humidité que le rocher communiquait à l'air.

Une expérience plus heureuse a été faite aux usines de Carron, à Bradley, dans le comté de Stafford ; on a construit, pour une usine, un réservoir à air garni de fer battu, lequel paraît remplir le but désiré. Sa forme est un cylindre de 3 à 4 mètres de diamètre, et de 15 à 20 mètres de long.

Suivant le terme moyen calculé par une suite d'expériences faites par

M. David Mushett<sup>1</sup>, il paraît que quand l'air extérieur était de 63° à 68°, l'air, en passant du cylindre soufflant dans un récipient, montait de 63° à 99° et de 68° à 99 1/2. Le résultat de trente expériences a été que la pression de l'air en se condensant s'élevait de 30°. Cela doit avoir l'effet d'augmenter son volume de 1/33 sur le tout, et l'accroissement de la pression, par cette seule cause, doit être de près de 30 grammes par centimètre carré. En d'autres termes, si l'air était introduit dans le fourneau à 60°, la même quantité produirait par centimètre carré 30 grammes de pression de moins que si l'air était à 99°. Ainsi le procédé de refroidir l'air après sa condensation doit en toute saison avoir les meilleurs résultats. Si le réservoir à air était fait en fer travaillé, et sa surface tenue constamment mouillée, l'évaporation d'une aussi grande surface refroidirait l'air à un degré considérable; mais, même sans ce secours, l'effet est assez grand pour que nous croyions devoir recommander l'emploi de ce moyen. On a pensé que dans l'été il y aurait quelque avantage à faire passer l'air sous terre à une grande distance avant d'entrer dans la machine soufflante; mais la résistance apportée par le frottement des parois des canaux souterrains est un obstacle qui l'emporte sur l'avantage qu'on retirerait de leur emploi.

La fonte blanche, qui contient la plus petite quantité de carbone, est la plus propre à se convertir en fer malléable; et la preuve que ce fer pour devenir malléable n'a besoin que de perdre son carbone, c'est que nous avons en Angleterre plusieurs usines établies sur une grande échelle, pour convertir des objets de fonte, tels que des clous, de la coutellerie, en fer parfaitement malléable, sans altérer la forme qui leur a été donnée en les coulant.

On convertit la fonte en fer malléable par la méthode suivante: le métal est placé dans un fourneau ouvert, nommé affinerie ou renardière; on le chauffe avec du coke, et pour augmenter l'action de la chaleur on se sert d'un fort soufflet. La gueuse de fonte placée dans le coke entre promptement en fusion, et tombe au fond du creuset; les impuretés qui l'accompagnaient forment avec les cendres du coke des scories qui recouvrent le fer; cette opération est celle qu'on appelle affinage du fer. Quand le métal est fondu, on le coule en plaques de l'épaisseur d'environ 10 centimètres, et dès qu'il est solidifié, on jette de l'eau dessus, ce qui le rend plus cassant.

Le fourneau d'affinage est représenté fig. 348 et 349. A est un creuset formé de plaques de fonte, et dont le fond est de pierre de fonte ou de briques. De trois côtés du creuset, règne une cavité dans laquelle un courant d'eau circule continuellement; pp sont deux tuyaux liés à la machine soufflante, et qui portent l'air dans le fourneau. Ces tuyaux sont maintenus froids par l'eau du tuyau a, qui de là coule dans un autre tuyau b c e. D est une cavité peu profonde dans laquelle on fait couler le métal fondu.

On brise la plaque de métal fondu en morceaux de la dimension convenable; puis on les porte dans le *four à puddler*, où ils sont encore chauffés avec du charbon, mais sans le secours du soufflet. Aussitôt que le métal commence à fondre, celui qui dirige l'opération du fourneau y jette une petite quantité d'eau pour oxider le métal, et il remue sans cesse les matières pour

<sup>1</sup> Edimbourg Encyclopædia, du D. Crewster.

que le carbone se dégage. La qualité du fer dépend beaucoup de l'attention avec laquelle ce procédé est suivi.

Lorsque le fer a été privé du carbone ou de la propriété fusible qu'il possédait, l'ouvrier le roule en balles de 10 à 15 kilogrammes. Il est porté en cet état sous un martinet ou passé entre des rouleaux, ce qui le consolide et fait suinter le *laitier* qu'il pouvait encore contenir. Une grande perte de poids résulte de ce procédé, non seulement en raison des matières étrangères expulsées, mais parce que la surface du fer s'oxyde, et s'enlève par écailles pendant le travail. Cette perte du fer varie d'un dixième à un septième de la totalité.

On voit, fig. 350, une coupe et une élévation du *four à puddler*. A est la porte pour introduire le métal, dans laquelle est une petite ouverture carrée *h* pour passer le ringard et les autres instruments employés par les ouvriers; B est la cheminée, C le cendrier, et D la grille. En E, l'on voit une cavité circulaire dans laquelle le métal est placé, et la flamme passe sur lui pour se rendre dans la cheminée B. La chaleur du four est si intense, que sans l'intermédiaire de la porte et la facilité d'attiser le feu par sa petite ouverture, on ne pourrait s'approcher pour faire cette opération. La petite ouverture sert aussi à examiner la marche de l'opération. D'abord la lumière paraît trop intense pour être supportée, mais l'œil s'y accoutume par degrés, et finit par distinguer les diverses masses dans la fournaise.

Quand le fer a subi cette opération, on le coupe avec des cisailles en barres de 30 centimètres; et pour le rendre plus malléable, plus compacte, on soude ensemble sept ou huit de ces pièces, en les chauffant dans un autre fourneau semblable au précédent. Il n'est pas nécessaire de remuer le fer pendant ce temps, puisque ayant perdu son carbone il est infusible. Quand il est suffisamment chaud, ce qu'un ouvrier expérimenté juge à l'œil, il est porté sous le marteau ou les cylindres pour être étiré en barres: on appelle ce fer n° 2. Pour le rendre encore plus parfait, on le coupe, et on le soude de nouveau: par cela on obtient du fer n° 3, lequel est de première qualité. Plus le fer est travaillé plus il s'épure et prend un grain fin, mais plus aussi il occasionne de dépenses.

Dans les usines à fer, on emploie deux sortes de marteaux mus par des machines. L'un, nommé *marteau de forge*, ou *ordon à drome à soulèvement*, est représenté fig. 353. Le moteur donne le mouvement à l'arbre *a* par le moyen d'une roue dentée agissant sur le pignon B. Le mouvement de l'arbre est réglé par un volant C: à son extrémité la plus éloignée est un certain nombre de cames qui soulèvent le marteau E. F est une forte poutre horizontale intercalée dans le poteau G, et chargée de lourdes pièces en métal en H, pour empêcher la communication du mouvement du marteau. Une autre grande poutre de chêne ou de frêne, mais plus souvent de ce dernier bois, est encastrée dans les poteaux I K. Le marteau en montant frappe contre cette poutre nommée la *drome*, qui par son élasticité réagit sur le marteau, et le fait redescendre avec plus de rapidité qu'il ne l'eût fait par son propre poids.

La construction d'un marteau *ordon à bascule* diffère de celle d'un marteau de forge en ce qu'il tourne autour d'un centre de mouvement placé environ à la moitié ou aux deux tiers de la distance comprise entre l'arbre et la tête; il reçoit le mouvement par des cames qui agissent sur l'extrémité de l'arbre.

Dans quelques usines, le ressort en frêne est placé sur la tête du marteau, comme dans le cas ci-dessus décrit; mais plus généralement l'extrémité de l'arbre frappe contre un arrêt fixe; le marteau, par l'impulsion qu'il a reçue, tend à s'élever, son extrémité presse contre ce plan; alors l'arbre cède, et par son élasticité fait descendre le marteau sur l'enclume avec plus de force.

On voit ce marteau, fig. 354. Il est copié d'un marteau construit dans les usines de Carron, d'après les dessins de Smeaton. Il est destiné à forger le fer en barres. La description suivante est extraite de l'*Encyclopédie* du docteur Rees.

Après avoir décrit la manière dont l'ordon à bascule reçoit l'action du moteur, et renvoyé aux planches de l'ouvrage pour l'explication de ce mécanisme, l'auteur explique la figure ci-dessus mentionnée:  $l$  est la tête du marteau,  $f$  son centre de mouvement, et  $d$  l'extrémité sur laquelle les cames agissent; elle est couverte de fer vers la partie supérieure pour l'empêcher de s'user.

$P$  est l'enclume qui doit être solidement établie pour résister aux coups non interrompus auxquels elle est soumise: le centre  $f$ , ou axe du marteau, est soutenu dans une pièce de fer  $gh$ , nommée la bogue. Quand les cames de la roue pressent sur l'extrémité du marteau et la font baisser, la tête s'élève, et l'extrémité du marteau frappe sur un support  $n$ , qui arrête l'ascension de la tête du marteau  $e$ , quand elle arrive à la hauteur voulue. Mais, comme le marteau est lancé avec beaucoup de vitesse et de force, l'effort de la tête pour continuer son mouvement, après que la queue a frappé sur l'arrêt  $n$ , fait plier l'arbre  $L$  du marteau, lequel, par son élasticité, renvoie le marteau sur l'enclume avec une force et une vitesse doubles de celles que lui aurait données la simple action de sa gravité.

Pour obtenir cette réaction, la bogue doit être retenue en bas aussi fortement que possible, et pour cet effet quatre forts boulons de fer la fixent sur la base solide en pierre  $RR$ , sur laquelle le tout repose. Sur cette base sont placés quatre grillages en bois  $i, k, l, m$ , qui sont l'un sur l'autre. Chaque grillage se compose de diverses pièces placées côte à côte, et légèrement encastées ensemble pour former une plate-forme; chaque plate-forme est un peu plus petite que celle sur laquelle elle repose, de manière à ce qu'elles forment ensemble une colonne de bois solide, au sommet de laquelle pose la pièce du grillage  $gh$ , solidement fixée par les quatre boulons, qui traversent toutes les plates-formes, et sont assujettis dans la maçonnerie au-dessous.

La pièce d'arrêt est soutenue par un pilier semblable, composé de trois grillages; la pièce supérieure  $n$ , que l'on voit en travers, a environ un mètre de long, et le côté inférieur est creusé de manière à ce que la pièce ne porte que sur les deux bouts, laissant un espace vide au-dessous d'elle. Ce qui lui permet de s'incliner ou de relever chaque fois que la queue  $d$  du marteau frappe dessus, et aide infiniment à la réaction.

L'axe sur lequel le marteau se meut est formé par un anneau de fer, à travers lequel passe l'arbre du marteau assujetti par des coins tout autour. L'anneau  $a$  porte de chaque côté un tourillon en saillie, se terminant en une pointe conique, obtuse, reçue dans une crapaudine solidement fixée par des vis et des coins, l'un desquels est vu en  $r$ . Ces deux crapaudines sont susceptibles

d'être ajustées de manière à faire que la panne du marteau tombe à plat sur l'enclume.

Dans les usines à fer de Carron, trois marteaux sont mis en action par le même arbre. En pareil cas il faut avoir trois roues qui communiquent le mouvement à leurs marteaux respectifs, et que ces roues aient des dimensions et un nombre de cames différents, pour donner à chaque marteau la vitesse qu'exige le travail particulier qu'il doit faire. Ainsi la roue représentée fig. 352 a huit cames, et produit par conséquent huit coups de marteau à chaque révolution du volant; la roue, pour le marteau du milieu, porte douze cames, et celle pour le petit marteau en a seize; la dernière doit frapper deux fois pour chacun des grands marteaux. En fixant les trois roues sur un grand arbre, on doit prendre garde à les disposer de manière à produire les coups de marteau à intervalles réguliers, et aussi à égaier le plus possible la force de la roue à eau. Les roues sont fixées à l'arbre par des coins de bois dur, enfoncés tout autour; le bois étant susceptible de céder légèrement par la pression des cames sur l'extrémité des manches des marteaux, rend aussi la percussion moins violente.

Voici les principales dimensions :

La tête du grand marteau pèse 165 kilog., et frappe cent cinquante coups par minute, en s'élevant de 43 centimètres au-dessus de l'enclume à chaque coup.

Le marteau moyen pèse 100 kilog., et frappe deux cent vingt-cinq coups par minute, en s'élevant de 35 centimètres à chaque coup.

Le petit marteau pèse 63 kilog., il frappe trois cents coups par minute, et s'élève seulement de 30 centimètres.

Pour produire ces mouvements accélérés, le grand arbre sur lequel sont fixées les cames doit faire dix-huit révolutions et trois quarts par minute. Le pignon de cet axe étant avec la roue dentée placé sur l'arbre de la roue à eau, dans la proportion de un à trois, la dernière doit faire six révolutions et un quart par minute. La roue à eau ayant 5<sup>m</sup>48 de diamètre, sa circonférence sera de 5<sup>m</sup>48 × 3. 1416 = 17<sup>m</sup>22 : ce nombre multiplié par 6.25 donne 107<sup>m</sup>72 par minute; soit 1<sup>m</sup>80 par seconde pour la circonférence de la roue à eau.

Les usines à acier n'ont pas de grand marteau, et le plus grand qu'elles aient est à peu près de la dimension du marteau moyen décrit ci-dessus : celui-ci est employé à souder ensemble les barres d'acier, pour faire de l'acier propre aux ciseaux; les deux autres marteaux sont de la dimension du plus petit, décrit plus haut, et ils travaillent beaucoup plus vite, savoir, de 550 à 400 coups par minute : cette accélération est aisément obtenue en mettant le pignon sur l'axe du volant, dans la proportion de 1 à 4, avec la roue dentée, fixée à la roue à eau, qui agit sur lui.

Ce métal, ayant subi ces opérations, est livré au commerce et employée à une infinité d'objets importants. Quand on pense à l'immense quantité de familles qui subsistent par les travaux des mines et des usines à fer; quand on pense que le pauvre village de Merthyr-Tydvil, autrefois incapable, par la stérilité de son sol, de fournir aux besoins d'une population très bornée, est devenu, dans l'intervalle de soixante-dix ans, grâce à des usines considérables et en dépit des obstacles naturels, la ville la plus florissante du pays de Galles, on doit féliciter l'Angleterre de ce qu'un tel produit forme un article principal de son commerce.

Quand le fer est trop usé pour servir aux ouvrages de forge, il est vendu pour être affiné de nouveau et pour être étiré en barres : il est alors divisé en trois espèces; l'une, nommée *fers de voiture*, consiste en vieux ferrements de roues de voitures et autres; la seconde, dite *fers de boisseaux*, consiste en vieux cerceaux et autres pièces de fer de même nature; la troisième, dite *vielle ferraille*, consiste en vieux clous, vis, écrous, etc.

On procède à l'affinage de ce vieux fer ainsi qu'il suit :

Deux pièces de fer, formant chacune trois côtés d'un carré, sont fixées à un banc de bois à la distance d'environ 25 à 30 centimètres l'une de l'autre. Deux baguettes de fer, d'environ un centimètre carré, sont placées entre ces pièces, l'une près d'une pièce, l'autre près de l'autre. Sur ces baguettes sont rangés des fragments de vieux cerceaux préalablement redressés et coupés à la longueur que l'on veut donner aux *fagots*. Les extrémités des cerceaux reposent sur le fond des pièces de fer susdites, et de semblables fragments de cerceaux sont rangés de chaque côté, l'intérieur étant rempli de fer de boisseaux ou de ferraille. On recouvre le sommet de cerceaux, et le tout est fortement pressé et serré en joignant ensemble les extrémités des baguettes, et les vissant tout autour. C'est ce qu'on appelle faire un *fagot*, lequel a communément 30 à 35 centimètres de long et 15 de large.

Ce fagot est ensuite porté dans un fourneau à réverbère (assez semblable au four à puddler décrit ci-dessus), et quand il est suffisamment chaud, on le fait passer entre des cylindres pour former ce qu'on appelle des *loupes*, qui sont en général longues de 60 centimètres, larges de 10, et épaisses de 5.

Les *loupes* sont encore de nouveau exposées à la chaleur d'un fourneau, et quand elles sont à la température convenable, on les fait passer, soit entre les cylindres représentés fig. 351, soit sous ceux représentés fig. 352. Les premiers sont employés pour faire le *feuillard*, les seconds pour étirer le fer.

## TABLE

du poids moyen des barres de fer carré, rond et méplat, de diverses grosseurs, pour une longueur de 3<sup>m</sup>048.

FER CARRÉ.		FER ROND.		FER MÉPLAT.		
Grosseur.	Poids.	Diamètre.	Poids.	Dimension.		Poids.
millim.	kilog.	millim.	kilog.	millim.	millim.	kilog.
76,20	139,70	76,20	109,73	152,40	× 19,05	70,21
73,02	128,31	73,02	98,89		× 15,87	57,67
69,85	117,84	69,85	91,64		× 12,70	46,64
66,67	106,55	66,67	83,83	139,70	× 19,05	63,87
63,50	97,08	63,50	73,86		× 15,87	53,50
60,32	87,05	60,32	68,42		× 12,70	42,56
57,15	78,44	57,15	61,66	127,00	× 19,05	57,67
53,97	69,78	53,97	54,86		× 15,87	49,45

FER CARRÉ.		FER ROND.		FER MÉPLAT.		
Grosueur.	Poids.	Diamètre.	Poids.	Dimension.		Poids.
millim.	kilog.	millim.	kilog.	millim.	millim.	kilog.
50,80	62,12	50,80	49,02	127,00	× 12,70	38,94
47,62	54,41	47,62	42,22	120,65	× 19,05	55,31
44,45	47,66	44,45	37,18		× 15,87	46,64
41,27	39,04	41,27	32,65		× 12,70	36,71
38,10	34,91	38,10	28,75		× 9,52	25,39
34,92	30,38	34,92	23,53	114,30	× 19,05	51,79
31,75	23,98	31,75	18,99		× 16,87	44,92
28,57	19,45	28,57	14,91		× 12,70	34,90
25,40	15,37	25,40	12,24		× 9,52	30,37
22,22	11,79	22,22	9,07	107,95	× 19,05	49,35
19,05	8,61	19,05	6,80		× 15,87	41,20
15,87	5,89	15,87	4,52		× 12,70	33,09
12,70	3,63	12,70	3,17		× 9,52	25,39

*Suite de la table pour les fers méplats.*

Dimension.		Poids.	Dimension.		Poids.	Dimension.		Poids.
millim.	millim.	kilog.	millim.	millim.	kilog.	millim.	millim.	kilog.
101,60	× 19,05	51,17	76,20	× 9,52	17,17	50,80	× 19,05	23,51
	× 15,87	38,48	69,85	× 19,05	31,73		× 15,87	19,43
	× 12,70	30,83		× 15,87	26,30		× 14,29	17,62
	× 9,52	24,51		× 12,70	21,70		× 12,70	15,36
95,25	× 19,05	43,47		× 9,52	15,81		× 9,52	11,78
	× 15,87	36,26	63,50	× 19,05	29,01	47,62	× 19,05	21,70
	× 12,70	29,01		× 15,87	23,96		× 15,87	18,08
	× 9,52	21,70		× 12,70	19,43		× 14,29	16,72
88,90	× 19,05	40,29		× 9,51	14,45		× 12,70	14,90
	× 15,87	33,54	57,15	× 19,05	27,65		× 9,52	10,87
	× 12,70	27,20		× 15,87	23,06	44,45	× 19,05	20,34
	× 9,52	19,89		× 12,70	17,17		× 15,87	17,17
82,55	× 19,05	37,62		× 9,52	13,09		× 14,29	14,90
	× 15,87	31,73	53,97	× 19,05	26,30		× 12,70	13,55
	× 12,70	24,87		× 15,87	20,79		× 9,52	11,30
	× 9,52	18,98		× 14,29	18,98	38,10	× 19,05	17,62
76,20	× 19,05	35,36		× 12,70	16,72		× 15,87	14,00
	× 15,87	29,01		× 9,52	12,64		× 14,29	12,64
	× 12,70	23,06						

### FABRIQUES D'ACIER.

Quand le fer est devenu malléable, on peut, au moyen des procédés que nous avons indiqués, le combiner avec une certaine quantité de carbone sans altérer sensiblement ses propriétés ductiles.

Le composé de fer et de carbone ainsi produit se nomme *acier*.



Pour opérer cette combinaison, il faut mettre le fer dans un vaisseau fermé, nommé *caisse de cémentation*, et rempli de poussière de charbon.

Ces caisses sont faites d'une argile qui est très abondante aux environs de Sheffield, et qui a la propriété de ne point éclater par la chaleur et de ne point entrer en fusion. Leurs dimensions intérieures sont de 5 à 6 mètres de longueur, et de 60 à 75 centimètres carrés de surface. Chaque barre de fer est placée entre des couches de poussière de charbon; la dernière doit être beaucoup plus épaisse que les autres, et recouverte par un mélange de sable et de terre glaise, pour empêcher le charbon d'entrer en combustion par le contact de l'air extérieur. Les caisses sont fixées dans le fourneau : souvent on n'en met qu'une, quelquefois deux, et on les chauffe graduellement jusqu'au degré que l'acier peut supporter sans se fondre.

Une coupe verticale et un plan horizontal du fourneau sont vus fig. 355 et 356. Dans l'une et l'autre les mêmes lettres indiquent les mêmes parties.

C C est le cône extérieur servant de cheminée; il est construit solidement en pierres ou en briques. Sa hauteur à partir du sol, pour avoir un tirage suffisant, doit être au moins de 12 à 15 mètres; et si l'on veut se procurer une chaleur plus forte, on fixe au sommet du cône une cheminée cylindrique de 2 ou 3 mètres de hauteur. La partie inférieure, qui peut avoir diverses dimensions, est carrée ou octogone. Les côtés, élevés jusqu'à ce qu'ils arrivent au cône, donnent au fourneau l'aspect d'un cône tronqué reposant sur un carré, ou celui d'un prisme octogonal.

En dedans de la bâtisse conique est un petit fourneau construit en briques ou en pierres, et qui peut supporter l'action de la chaleur la plus intense. D D, dans la coupe, est le dôme de la voûte; E E ses parois, laissant entre elles et la bâtisse extérieure un espace rempli de sable et de mâchefer. A et B sont les deux caisses contenant le fer qui doit être converti en acier; elles sont placées à 0<sup>m</sup>30 de distance l'une de l'autre; la grille se trouve justement au-dessous de l'intervalle qui les sépare. Les caisses sont soutenues par un certain nombre d'assises de briques détachées (comme on les voit en E E, fig. 335) qui laissent entre elles des espaces, pour conduire la flamme sous les caisses. Les parois des caisses sont soutenues du côté des murailles verticales de la voûte, par des pierres saillantes *f*, placées de manière à intercepter le moins possible la chaleur. Les côtés latéraux des caisses sont appuyés sur une petite jetée en pierres, qui les sépare, et qui est également à jour pour donner passage à la flamme. Le fond des caisses est composé d'une double assise de briques, épaisse de 15 centimètres; les côtés les plus rapprochés sont faits d'une simple assise de pierres, d'environ 0<sup>m</sup>12 d'épaisseur; et les autres parties ne sont que de simples assises d'environ 7 centimètres, parce qu'elles ont moins de chaleur et de pression à supporter.

La voûte a dix petites cheminées F F, qui s'élèvent au-dessus d'elle; deux de chaque côté, pour laisser échapper la fumée dans le grand cône, fig. 356, et deux à chaque extrémité. Sur le devant du fourneau une ouverture est faite à travers la paroi extérieure, et une autre *y* correspond dans le mur de la voûte; ces ouvertures forment la porte par laquelle un homme entre pour mettre le fer dans les caisses ou l'ôter. Quand le fourneau est allumé, ces portes sont murées par des briques lutées avec de l'argile. Chacune des caisses

a aussi à son extrémité de petites ouvertures, à travers lesquelles sortent les bouts de deux ou trois barres, de manière qu'en enlevant seulement une brique, on peut retirer les barres sans interrompre l'opération, pour examiner de temps en temps ses progrès. Ces ouvertures sont placées vers le milieu des caisses, pour qu'on puisse juger plus exactement de l'état des barres qui y sont placées. *a b*, dans l'élévation, est la grille sur laquelle on place le combustible; elle est placée au-dessus du cendrier I, lequel doit communiquer librement avec l'air extérieur. Dans le cendrier I. des marches sont pratiquées jusqu'au bas, pour que l'ouvrier chargé de veiller au fourneau puisse descendre pour s'assurer, d'après la clarté, si le feu pénètre partout également; et si quelque partie lui semble moins éclairée, il se sert d'un long crochet de fer, qu'il passe entre les barreaux, et donne accès à l'air. Le foyer est ouvert aux deux extrémités et n'a point de portes. La grille est établie presque de niveau avec le sol, devant le fourneau. et l'ouvrier tient toujours un monceau de charbon, en face de l'ouverture, à ses extrémités, pour la fermer. Quand le fourneau a besoin de combustible, il pousse dedans, avec une sorte de grande pelle, une partie du monceau de charbon, et le charbon forme une fermeture suffisante pour que l'air ne pénètre qu'à travers le combustible en ignition, et contribue ainsi à la combustion.

Les pierres dont se composent toutes les parties du fourneau exposées à l'action du feu, sont d'abord taillées à peu près à la dimension nécessaire; on les termine en frottant les deux surfaces l'une sur l'autre, de manière à former des joints très exacts: on les cimente avec de l'argile délayée avec de l'eau. La meilleure argile, pour cet emploi, est apportée de Stourbridge, dans le Staffordshire: c'est la même qui compose les célèbres creusets de Stourbridge. On en tire aussi de fort bonne de Birkin-lane, près de Chesterfield. Quand le fourneau a soutenu le feu une seconde fois, cette argile devient aussi dure que la pierre, et elle est moins susceptible de se vitrifier à une chaleur intense que tout autre ciment.

La flamme provenant du combustible qui brûle sur la grille passe entre les caisses, et, s'élevant au-dessus, va frapper le dôme de la voûte; de là elle est réfléchie sur les caisses, et enfin elle s'échappe par les cheminées de la voûte; par ces moyens, toutes les parties des caisses reçoivent une chaleur égale, ce qui est très important.

Pour s'assurer si la cémentation des barres est parfaite, on en tire une ou deux, dont les bouts sortaient hors des caisses, comme on l'a dit plus haut.

Des ampoules ou vessies, formées par de l'oxide de carbone sur la surface des barres qui sont cimentées<sup>1</sup>, servent ordinairement d'indication pour juger du changement déjà subi par le métal; mais cet indice est souvent trompeur, et doit l'être, puisque la grandeur des ampoules dépend plus du degré de chaleur auquel les barres ont été exposées que de toute autre cause.

Le temps généralement nécessaire pour la conversion du fer en acier est environ sept jours; et il en faut un nombre égal pour que le fourneau se refroidisse graduellement.

<sup>1</sup> L'oxide de carbone est produit par la réunion de petites parties de carbone et d'oxide que le fer contenait, et qui s'échappent par la chaleur du fourneau pendant cette longue opération.

Quand l'acier est tiré du fourneau, sa surface est couverte d'ampoules. et en le rompant on voit qu'il est parsemé de cavités intérieures; par cette raison on l'appelle *acier avec ampoules* ou *acier poule*.

Pour rendre cette espèce d'acier plus tenace, on le met dans un fourneau, où on le chauffe modérément; puis on le soumet à l'action du marteau. Alors il prend le nom d'*acier de cémentation*.

On donne à l'acier différents degrés de dureté en y introduisant plus ou moins de carbone. Celui qu'on emploie pour la fabrication des ressorts de voitures est le moins chargé de carbone. Les instruments de coutellerie sont faits avec un acier plus carburé. Enfin l'acier employé à faire les limes doit être aussi dur qu'il est possible de le rendre, sans lui ôter toute sa ductilité.

L'*acier fondu*, qui est totalement exempt des défauts de l'acier poule, est à un certain degré préférable même à l'acier de cémentation: il se fait en mettant de petits fragments de barres d'*acier cémenté* dans un creuset capable d'en contenir 13 à 14 kilogrammes.

Les creusets qui servent à ce procédé sont faits d'argile de Stourbridge, mêlée avec un peu de poussière de charbon, ce qui les rend moins sujets à éclater quand ils passent brusquement du chaud au froid. Ils sont pourvus de couvercles plus fusibles que le corps du creuset, et qui, par cette raison, se vitrifient légèrement, et se trouvent ainsi parfaitement lutés au moment où l'acier est assez chaud pour que l'oxygène de l'atmosphère puisse le détruire.

Le meilleur combustible employé à la fonte de l'acier est le coke le plus dur, qui donne une chaleur plus longtemps soutenue que le coke tendre.

Quand le métal est en fusion, il est versé du fourneau dans les lingotières de fer, d'environ 75 centimètres de long, et dont la forme est octogone.

Ces lingots, de même que les barres d'*acier poule* et d'*acier cémenté*, sont encore chauffés et réduits en barres sous le martinet.

Par ce moyen, des lingots d'acier fondu peuvent être tirés en barres de 8 millimètres carrés, et à la main ils peuvent être tirés en baguettes encore plus petites.

Les fabriques d'acier ont été extrêmement perfectionnées depuis peu; et maintenant on peut fondre ce métal avec une assez petite quantité de carbone pour qu'on puisse le souder avec une barre de fer, ou avec une autre pièce d'acier.

La propriété la plus singulière de l'acier est que, chauffé au rouge et subitement refroidi, il acquiert une grande dureté; et plus l'acier est chaud, et plus le fluide dans lequel on le plonge est froid, plus il devient dur. On emploie généralement l'eau pour cette opération qu'on appelle *trempe de l'acier*. Les fabricants de limes disent que le sel, indispensable à la trempe, rend l'acier plus dur; quelquefois ils y ajoutent de l'acide sulfurique.

Quand on trempe l'acier en plaques minces, comme pour limes, particulièrement quand on les fait d'acier fondu, il éclate quelquefois au moment où on le plonge dans l'eau, et devient trop dur pour être employé. Dans ce cas on le retrempe dans un bain d'une substance moins bon conducteur de calorifique, telle que l'huile, la cire ou le suif, tenant en solution de la résine grossière. Si l'acier est plongé rouge dans ce bain, il revient à son premier état;

mais cela n'arrive pas toujours pour les pièces très minces d'acier fondu. En l'exposant successivement à différents degrés de chaleur au-dessous de celui qui donne la plus grande dureté, l'acier devient graduellement plus tendre.

En 1799, M. David Hartley a été breveté pour une méthode de tremper l'acier à l'aide d'un pyromètre ou thermomètre appliqué près de la surface de l'objet; il recommande aussi l'usage de l'huile chaude, dans laquelle, suivant lui, plusieurs douzaines de rasoirs ou autres ustensiles peuvent être trempés en même temps, le degré de chaleur exigé pour différents articles étant déterminé d'après l'expérience (Voyez Journal de Nicholson, vol. I, 4<sup>o</sup>). M. Parkes a perfectionné cette méthode en se servant d'un bain d'huile ou de métal fusible pour tremper les instruments coupants : il paraît qu'avec ce moyen on obtient une plus grande uniformité dans la trempe de l'acier.

#### DES FILERIES ET DES TRÉFILERIES.

Les fils métalliques se font avec plusieurs métaux ductiles ; mais comme la fabrication est assez semblable pour tous, nous décrirons seulement celle des fils de fer, qui sont les plus importants comme article de commerce.

Le procédé du tirage des fils métalliques consiste à faire passer une barre de métal par un trou appelé *filière*, pratiqué dans une table d'acier. La barre de métal, obligée de s'allonger pour passer à travers cette filière, prend la forme d'un fil, dont la longueur dépend des dimensions de la pièce de métal, et du diamètre de la filière.

La première partie de l'opération consiste à soumettre le métal à l'action d'un grand marteau, jusqu'à ce qu'il soit réduit à la dimension qui permet de passer par la filière. Le marteau dont on fait usage en cette occasion est semblable à celui que nous avons décrit plus haut. Il pèse 45 kilogrammes, et frappe 130 coups par minute. Un plus petit marteau, du poids d'environ 23 kilogrammes, et frappant 20 coups par minute, est aussi employé pour cet ouvrage.

Pour préparer le fer à passer dans la filière, l'ouvrier chauffe 15 à 20 centimètres de l'extrémité d'une grande barre, et la forge sous le petit marteau, jusqu'à ce qu'elle soit réduite à une petite tige ronde et régulière d'environ 1<sup>m</sup>80 de long. Avant qu'elle soit refroidie, un autre ouvrier l'amincit, la taille au marteau sur l'enclume, et ensuite reporte le reste de la barre à la forge.

Dans les manufactures de fil d'archal commun, il est avantageux d'allonger les barres en les faisant passer entre des cylindres au lieu de les forger sous le marteau ; mais comme ce procédé ne donne pas au fer la même ténacité que le marteau, on n'en use pas pour les fils très fins.

La tige préparée par l'un de ces moyens est tirée à travers la filière, soit par une forte machine avec une chaîne, soit par une machine à levier.

Les machines en usage pour ce procédé sont, premièrement :

Le banc à tirer ordinaire, qui consiste en une forte planche de bois établie sur des pieds comme un banc. Elle est représentée fig. 357. A est un axe fixé dans une position horizontale, de manière à pouvoir tourner facilement au moyen des quatre leviers B B fixés comme des rayons à l'extrémité de l'axe.

C est une forte courroie ou chaîne qui peut s'enrouler autour de l'axe ou rouleau, et qui se lie par un anneau aux tenailles D. E est une filière percée de trous de différentes grandeurs, et adossée contre deux forts mentonnets de fer *aa*, qui sont fixés dans le banc. Le fil qui passe à travers la filière E, est saisi par les tenailles D, lesquelles s'avancent sur le banc lorsqu'on tourne les bras ou leviers B B, et forcent la tige de fer à s'allonger en passant au travers de la filière.

La fig. 358 représente une autre sorte de machine où l'on se sert d'une crémaillère et d'un pignon au lieu de l'axe et de la chaîne. Si cette machine est mise en action par une manivelle, le mouvement est plus uniforme, et donne par suite un fil plus régulier. Par exemple, si une barre de métal est rapidement filée, elle doit subir en passant par les filières une grande compression, et en sortant prendre un peu d'expansion; mais si elle passe lentement par la filière, cet effet n'est pas sensible. Or, dans la filière ordinaire ci-dessus décrite, le mouvement communiqué par les leviers est très irrégulier; conséquemment le fil est tiré tantôt lentement, tantôt rapidement, ce qui lui donne différentes qualités. Mais en se servant de la crémaillère et du pignon, mus par une manivelle, le mouvement est régulier et la qualité uniforme.

En France les tenailles sont attachées à un levier qui les fait aller alternativement en avant et en arrière par la puissance d'une roue à eau.

Les tenailles sont construites de manière à s'ouvrir et à abandonner d'elles-mêmes le fil, quand elles sont poussées vers la filière, et à le saisir assez fortement quand elles sont tirées en arrière, pour le forcer de passer à travers les trous.

L'extrémité B du levier est pressée par des dents fixées sur l'axe de la roue à eau, qui tire le fil hors des trous; mais quand les dents cessent de presser sur l'extrémité du levier, il reprend sa première position par le moyen d'une corde attachée à l'extrémité de B, et d'un fort bâton fixé au plancher du bâtiment, lequel agit comme ressort. Dans ce cas les tenailles, par leur propre poids, glissent le long du banc à étirer, qui est incliné, et s'ouvrent suffisamment en descendant pour laisser le fil s'échapper. Lorsque le levier les force à remonter, elles reprennent le fil, et en tirent une autre partie hors de la filière.

On a généralement trois de ces machines dans un moulin à filer: les plus grandes tirent 5 centimètres de fil à chaque mouvement, et elles en font environ 48 par minute; celles de la dimension au-dessous tirent 10 centimètres, et celles de la dernière, 12 et demi; cette dernière fait 64 mouvements par minute. Cette méthode pour tirer les fils est fort simple, mais défectueuse; car il y a une grande perte de temps par le retour des tenailles; elles manquent en outre quelquefois à saisir les fils qui n'ont pas plus de 5 centimètres en dehors de la grande machine, et 12 et demi dans la plus petite.

On fait toujours les fils fins en réduisant des gros fils, et en les allongeant par des tirages répétés. Les gros fils sont fabriqués par les moulins établis dans les campagnes, qu'on appelle *fileries*, et quelquefois réduits en fils fins dans les mêmes établissements; mais ceux qui ont besoin de quantités considérables de ces derniers achètent les fils grossiers, et les réduisent eux-mêmes en fils fins dans des usines appelées *tréfileries*.

On se sert pour ce travail d'une machine mue à la main, représentée fig. 360. A est un cylindre tournant sur un axe vertical fixé dans le banc B; C est la manivelle pour faire tourner le cylindre; E, la filière; *a a* les mentonnets contre lesquels elle repose. Le fil est placé sur un dévidoir D, qui tourne sur un axe vertical. Ce dévidoir est quelquefois placé sur la table, et quelquefois dans un tonneau qui contient de l'eau d'empois ou de la bière aigre, destinée à enlever l'oxide de la surface du fil, qui s'est formé pendant le recuit qu'on donne au fil après chaque tirage, pour l'adoucir et détruire le nerf qu'il a acquis.

La fig. 361 représente une machine à tirer les fils, très simple et très complète, capable de tirer trois fils à la fois. A et R sont deux cylindres portant des roues dénotées T, V, aux extrémités de leur axe. S est un pignon qui tourne au moyen de la manivelle B, et met en mouvement les roues dentées T et V. Ces deux roues sont placées sur des parties rondes de l'axe de leurs cylindres respectifs, de manière à pouvoir tourner librement avec eux; mais une partie de cet axe est taillée, et une griffe *t* ou *v* est adaptée à cette partie carrée, de manière à tourner avec l'axe. La griffe peut glisser sur l'axe dans toute sa longueur par le moyen d'un levier W, qui agit sur les deux griffes en même temps. Quand l'une ou l'autre est repoussée contre la roue, elle intercepte deux boutons qui sont saillants sur la face de la roue, et oblige l'axe à tourner avec la roue; mais quand la griffe est désengagée de la roue, celle-ci glisse autour de son axe sans communiquer aucun mouvement. Par le moyen du levier W, une seule roue est engagée à la fois, et l'autre reste libre. La filière, solidement attachée entre les deux cylindres, est percée d'un grand nombre de trous. Les cylindres sont assez longs pour recevoir trois fils à la fois, et chacun d'eux porte une rainure parallèle à l'axe, dans laquelle une barre de métal est adaptée de manière à la remplir exactement.

Quand les fils sont introduits dans les trous de la filière, leurs extrémités sont placées en travers de la rainure; la barre se place dans la rainure, où elle est assujettie par un mécanisme très simple, et elle fixe les bouts des fils au-dessous d'elle sur le cylindre: alors, en tournant la manivelle B, les deux roues sont mises en mouvement dans des directions opposées: celle des deux qui est engagée avec le moteur fait tourner le cylindre, et dévide les fils de manière à les forcer à passer par les filières E. L'autre cylindre étant en même temps dégagé, sa roue peut tourner en sens contraire aussi vite que les fils sont tirés. Quand toute la longueur des fils est sortie de la filière, on les détache du cylindre, leurs bouts sont introduits par de petits trous dans la filière, et rattachés encore au cylindre; alors, au moyen du levier W, on dégage la roue qui a tourné et on engage l'autre; les cylindres tournent dans l'autre sens, et retirent les fils, quoique la manivelle B n'ait pas changé de direction.

Après que les fils ont été tirés deux ou trois fois, le métal devient si dur et si fibreux qu'il ne pourrait subir une fois de plus l'opération sans casser. On le fait passer au feu pour rétablir sa ductilité, et à cet effet on l'ôte de dessus les cylindres. Un dévidoir M est destiné à recevoir le fil; il tourne au moyen d'une manivelle *m* fixée à l'extrémité de son axe; le fil, après avoir tourné sur lui, glisse en dehors par côté. Cette machine peut être mise en jeu par une roue à eau, la manivelle allant toujours dans le même sens.

La fig. 362 est une machine pour étirer les fils destinés aux instruments de musique, ou à faire les cardes pour le coton et la laine. A, A, A sont des

rouleaux coniques qui tournent chacun sur un axe vertical. Ces axes engrènent avec un rouage placé au-dessus du banc, et peuvent tourner sans communiquer leur mouvement aux rouleaux. Quand on veut que les rouleaux agissent, on les élève au-dessus du banc jusqu'à ce que deux nœuds, fixés dans leur partie creuse, touchent une barre transversale fixée au sommet de chaque fuseau, ce qui les fait aussitôt tourner. Tant que les fils sont fournis par les dévidoirs E E E E, la charge de fils, passant à travers les tables, tient les rouleaux et les fuseaux accrochés ensemble. Mais aussitôt que tous les fils ont passé, les rouleaux se dégagent et retombent sur les bancs. Les barils dans lesquels les dévidoirs sont placés contiennent de la bière aigre ou de l'eau d'empois, pour la fin ci-dessus mentionnée.

Les tables à étirer françaises sont les plus estimées ; pendant la guerre quelques-unes ont été achetées leur poids en argent. M. Duhamel, dans le Dictionnaire des Arts et Métiers, vol. xv, décrit ainsi le procédé pour étirer les fils communs :

« On forge dans les grosses forges des bandes de fer plat, de 5 centimètres de largeur sur 40 millimètres d'épaisseur. On coupe un bout de ce fer plat d'environ 30 centimètres de longueur. On le fait rougir à la forge dans du charbon de bois, et on le bat sur le plat seulement d'un côté avec une masse pour aplanir ou creuser cette surface, afin qu'elle puisse plus aisément retenir ce qu'on nomme le *potin*, qui n'est autre chose que des fragments de vieilles marmites de fer fondu. Cependant la fonte de la vieille marmite ne fait pas de bonne filière : c'est un potin brûlé qui a perdu toutes ses parties ductiles. On assure qu'un potin neuf, ou qui n'a point été au feu, est beaucoup meilleur.

« Le forgeron casse à coups de marteau ce potin sur son enclume ; il en mêle les morceaux avec du charbon de bois blanc, il les met à la forge, et les fait fondre, de sorte qu'il en forme une espèce de pâte ; pour l'épurer il répète ces fusions jusqu'à dix ou douze fois, et chaque fois il le prend avec des tenailles pour le p onger dans l'eau. Ces fontes, répétées avec du charbon de bois, affinent la table de l'enclume. On frappe à petits coups sur la couche de potin pour la souder et en quelque sorte l'amalgamer avec le fer de la semelle, ce qui ne peut se faire que peu à peu ; et en remettant le tout rougir à plusieurs reprises, le potin bouillonne et pétille... Lorsque le potin est bien net, et qu'il s'est mêlé avec la superficie du fer de la semelle, on jette dessus de l'argile sèche et en poudre : on prétend que ce mélange adoucit le potin.

« Quand on a ainsi attaché et uni le potin à la semelle, et qu'on l'a, comme on dit, fait *ressuer*, on fait rougir la filière ; deux ouvriers la forgent et l'étirent ; elle prend alors environ 60 centimètres de longueur, et quand elle est bien unie sur les quatre faces, la filière est parée.

« On sait que le fer fondu ne peut pas se forger, qu'il se rompt et s'émiette sous le marteau. Cependant, dans cette circonstance, il s'étire sur la semelle et s'étend assez.

« Il est important que le fond des trous aille toujours en se rétrécissant par nuances insensibles, afin que le fer se tire peu à peu et sans se rompre ; pour que cette diminution se fasse sans ressaut, on estime les filières qui ont un plus grand nombre de trous. »

Pour s'assurer de la dimension du fil on se sert de trois sortes de jauges. L'une est une pièce de fil de fer en zig-zag, avec un espace différent entre

chaque zig-zag ; une autre est une plaque d'acier avec des crans sur le côté ; la troisième et la plus sûre consiste en deux règles d'acier placées en angle : le diamètre du fil est indiqué dans cette dernière par la profondeur à laquelle il pénètre dans l'angle ; les côtés des règles sont gradués à cet effet, et leurs numéros correspondent aux dimensions du fil.

La manufacture de fils métalliques de MM. Mouchel, à L'Aigle, département de l'Orne, est une des plus considérables de France ; il en sort chaque année, seulement en cardé pour les laines, cinquante mille quintaux métriques de fil de fer, dont une partie est consommée en France, et le reste exporté en Espagne, en Italie, en Portugal, et jusque dans le Levant.

On emploie dans cette manufacture le fer fabriqué dans le même département et dans celui de la Haute-Saône, comme étant de la meilleure qualité : il produit les fils de meilleure qualité pour faire des vis, des clous et des pointes, autant sous le rapport de sa finesse que sous celui de son poli, qui approche de celui de l'acier.

Le fer préparé et martelé, et déjà presque propre à l'emploi qu'on veut en faire, est transporté, à L'Aigle à peu de frais par des rivières et des canaux. On a une forge dans la manufacture pour réduire l'acier et le fer de Normandie (lequel arrive en grandes pièces) en petites barres de forme régulière.

Quand le fer a été réduit en barres d'environ un centimètre, on le tire en fil, en le faisant d'abord passer quatre fois par la filière : alors les molécules se disposent dans le sens de la longueur, et présentent des fibres qui ont toute l'extension qu'elles peuvent prendre sans se casser. En cet état les fils sont exposés à la chaleur qui leur rend leur ductilité, puis ils peuvent encore être repassés trois fois. Les fibres reproduites par cette seconde opération sont également détruites par la chaleur ; et tout ce procédé étant répété cinq fois, le fil passe conséquemment à travers quinze numéros ; après quoi, en leur donnant encore un recuit, on peut le faire passer par six autres numéros, ce qui le réduit à la grosseur d'aiguilles à tricoter.

Le fil d'acier, étant beaucoup plus dur, doit être passé par 44 numéros, et remis au feu chaque fois qu'il est présenté à la filière.

La machine à tirer les fils d'acier doit aller moins vite que celle pour tirer le fer ; car le premier, offrant plus de résistance, a besoin d'être tiré avec plus de ménagement ; sa vitesse est toujours proportionnée à la résistance ; et si l'on s'écartait de ce principe, on aurait des résultats moins certains. Ainsi, par exemple, le fer du département de l'Orne, qui a plus de corps que celui de la Haute-Saône, s'il est tiré par les mêmes machines, augmente de dureté, et perd de sa force quand il est porté à un trop haut degré de finesse. Mais ce fer, très dur, et capable de recevoir un fort beau poli, est préférable pour certains usages.

Pour adoucir les fils on employait autrefois un fourneau très grand et très élevé, sur lequel des barres de fonte soutenaient le fil au milieu des flammes. Il contenait 3500 kilogrammes pesant, et sa construction lui permettait de recevoir d'égales quantités de chaque numéro, rangées de manière que les fils les plus gros étaient exposés à la plus forte chaleur, et que la totalité se trouvait également échauffée dans le même espace de temps. L'opération durait trois heures avec un feu bien entretenu.

Cet appareil semblait répondre parfaitement à son objet. Toutefois l'on a



trouvé des inconvénients à cette méthode, parce qu'elle laisse les fils exposés au contact de l'air, dont ils absorbent l'oxygène avec une extrême avidité, ce qui produit une quantité considérable d'oxide, et oblige à faire tomber les écailles qui se forment à la surface des fils en les battant avec un marteau mouillé.

Malgré cette précaution, il reste souvent sur le métal quelques parties d'oxide qui raient la filière, arrêtent les fils, leur donnent un coup d'œil terne, et les rendent sujets à rompre lorsqu'ils parviennent à un certain degré de finesse. On ne fait usage de ce fourneau que pour les fils d'acier ou de fer de Normandie, qui, en raison de leur dureté, sont moins aisément attaqués par l'oxygène.

Pour diminuer la déperdition causée par le feu, l'on a inventé un autre procédé, qui consiste à plonger les *bottes* de fils, avant de les mettre au fourneau, dans un bassin de terre glaise délayée, et à les laisser sécher sur les barres avant d'allumer le feu, sans quoi la terre se séparerait du fer en s'écaillant.

Pour le fil à carder, M. Mouchel a inventé un autre fourneau. Il est rond, et a environ un mètre six décimètres de tour, sur un mètre huit décimètres de hauteur. L'intérieur est divisé par des grilles horizontales disposées en trois étages; la plus basse reçoit les cendres, la seconde sert de foyer, et sur la plus haute on glisse un rouleau de fil, pesant 150 kilogrammes, et contenu entre deux cylindres de fonte, lutés pour intercepter parfaitement l'air. Les flammes circulent à l'extérieur du premier, et dans l'intérieur du second, qui garantit les fils de l'air atmosphérique. Le diamètre du plus grand cylindre est d'environ un mètre quatre décimètres; celui du second est d'un mètre. Ainsi l'espace qui reste entre eux a deux décimètres sur cinq décimètres de hauteur. Il faut avoir plusieurs paires de cylindres, afin que tandis qu'une paire est exposée au fourneau, une autre paire soit préparée à recevoir un nouveau rouleau de fils. Ils sont changés d'heure en heure au moyen d'un long levier de fer, par lequel un seul homme peut les pousser dans le fourneau, ou les en tirer, le cylindre glissant dans des rainures en fonte.

On a soin de ne pas ouvrir les cylindres aussitôt qu'ils sont tirés du feu, parce que les rouleaux de fils qu'ils contiennent, étant rouges, s'oxideraient en ce cas aussi vite que s'ils eussent été chauffés en plein air.

L'ouverture du fourneau est placée sur le côté; une porte en fonte glisse dans une coulisse qui règne tout autour du fourneau. Le foyer en a une semblable; celle du cendrier est verticale pour qu'on puisse l'élever afin d'exciter le feu à volonté.

Quand le fil de fer est réduit à la grosseur d'une aiguille à tricoter, on le dispose en *bottes* de 125 kilog. dans un grand cylindre de fer où il doit être suffisamment *adouci* pour soutenir une dernière réduction. Ce cylindre est placé verticalement au milieu d'un fourneau rond, construit de manière à supporter du charbon allumé tout autour. Le couvercle du cylindre doit être parfaitement luté, car la plus légère admission d'air suffirait pour oxidier les surfaces extérieures des fils, et les empêcher de pouvoir être étirés de nouveau.

Quand un de ces cylindres est suffisamment chaud, on le remplit d'eau tenant en solution 3 kilog. de tartre, et on le suspend sur la flamme du fourneau pour faire bouillir le liquide. Cette solution, sans attaquer le métal, le dépouille de la graisse et du peu d'oxide qui pouvaient encore y être attachés :

c'est la dernière fois que le fil est exposé au feu ; il est alors en état de supporter le plus haut degré d'allongement. sans exiger d'être *adouci* de nouveau. Mais cette dernière opération doit être proportionnée à l'épaisseur naturelle du métal. Comme l'acier perd sa capacité d'extension beaucoup plus tôt que le fer, il faut l'adoucir jusqu'à ce qu'il ne soit pas plus épais qu'une aiguille à coudre. L'espace qu'il laisse dans le cylindre est rempli de poussière de charbon qui l'empêche de perdre sa qualité d'acier, et conserve la chaleur assez longtemps pour que le degré de flexibilité nécessaire puisse être donné au métal.

Comme MM. Mouchel emploient l'acier et le fer aux mêmes fabrications, ils ont cherché à réduire leurs opérations en un système général, applicable aux deux substances. A cette fin, ils ont établi une échelle de gradation par laquelle le fil ne peut pas être étendu au-delà de sa portée en passant par aucun des trous de la filière. Voici la méthode qu'ils ont suivie en formant l'échelle pour les fils de fer. — On en prend une certaine quantité de diverses grosseurs, jusqu'au dernier degré de finesse et d'étendue que le fer puisse admettre, qui est 100,000 mètres de longueur pour un kilogramme. On marque le poids que chaque grosseur peut supporter sans rompre ; ce poids étant marqué par des chiffres, il est facile au moyen de quelques interpolations de les exprimer dans une forme progressive. Cette échelle est en partie basée sur la comparaison du poids des différentes grosseurs avec d'égales longueurs, dont le calibre est fait pour servir de guide dans cette opération. Avec ces échelles il est impossible de faire aucune erreur ; l'ouvrier voit de suite par quels trous le fil doit être passé ; sans cela il pourrait le faire passer dans de trop grands trous, ce qui l'empêcherait de prendre la force qu'il doit avoir en proportion de sa grosseur, et lui ferait perdre sa dureté ; ou bien dans de trop petits trous, ce qui le rendrait faible et cassant. Dans le dernier cas il arrive souvent que l'acier de la filière cède à l'effort du tirage, et s'élargit ; le fil est alors cassant au commencement, et devient mou et trop gros à l'autre extrémité.

La plus grande partie des beaux fils de la manufacture de MM. Mouchel sont tirés par des ouvriers dispersés dans le pays, et dévidés à la manufacture par une machine qui fait tourner vingt-quatre bobines horizontales, qui n'exigent que de la surveillance. C'est sur les bobines que le fil est enfin réduit aux différentes grosseurs demandées ; la dernière opération du tirage du fil est donc celle de le dévider, quoique le fil ait pris toutes les qualités qu'il doit avoir dans l'atelier du tireur.

On pourrait former les fils en aiguilles et en dents de cardes avant qu'ils eussent subi une autre opération, par laquelle ils sont redressés, et perdent la courbure qu'ils avaient prise sur les bobines.

Le redressement se fait en tirant les fils entre des pointes fixées sur une pièce de bois qui fait incliner les fils d'abord dans un sens, puis dans le sens opposé, en suivant une ligne à ondulations graduellement décroissantes ; la dernière force le fil à se redresser tout à fait. L'ouvrier qui fait cette opération a soin de rajuster sans cesse les pointes en les inclinant ou en les relevant au marteau. De plus, chaque numéro de fil exigeant des distances différentes entre les ondulations des pointes, cette opération doit être faite avec adresse, intelligence et promptitude.

Un ingénieux instrument est maintenant approprié au redressement des fils, et lève toutes les difficultés. Six petites poupées d'acier très dur sont substituées aux clous de l'instrument ordinaire, et fixées sur des barres de métal parallèles si bien jointes ensemble que le mouvement de toutes est parallèle; les poupées peuvent être éloignées ou rapprochées par des vis. Le fil est tiré entre ces poupées en zig-zag ou ligne angulaire, et chaque angle rompt les sinuosités du fil. Il y a un conducteur pour placer le fil sur les *poupées*, un autre qui l'empêche d'éprouver des secousses, et de plus de petites rainures à l'extrémité des poupées pour donner passage au fil. Une échelle, soutenue par une vis, indique à quelle distance l'une de l'autre les poupées doivent être pour redresser chaque numéro; et cela donne une règle invariable, qui épargne le temps que l'ouvrier était obligé d'employer à rajuster les clous dans l'ancien instrument. On n'a autre chose à faire qu'à tirer le fil par le moyen d'une roue sur laquelle il se dévide et s'arrange en *bottes* telles qu'on les livre au commerce.

Les fils d'acier de France sont propres à divers objets. On en fait venir de la manufacture de MM. Mouchel pour faire des aiguilles à tricoter à la manière anglaise, des alènes de cordonnier et autres objets de ce genre; on peut s'en servir aussi pour faire des aiguilles de toutes grandeurs, même pour des cardes à laine, etc.; mais comme ce fil d'acier est beaucoup plus cher que le fil de fer, on l'emploie rarement pour ces derniers articles.

La méthode pour préparer les tables à tirer décrite par MM. Mouchel, diffère de celle ci-dessus expliquée.

Pour faire les fils employés aux cardes, on use de deux sortes de tables, des grandes et des petites. Dans les premières, les fils de l'espèce ci-dessus mentionnée sont tirés soit par les pinces, comme fig. 359, soit avec une bobine ou rouleau cylindrique, adaptée sur l'axe mù par le moulin à eau : on se sert de préférence du dernier moyen pour éviter les marques faites par les pinces sur les fils. Les plus petites tables sont employées pour des fils qu'on peut tirer à la main. La qualité de l'acier employé pour la fabrication de ces tables ne doit point varier, si ce n'est que l'acier le plus fin s'emploie pour les plus petites pièces. Plusieurs pièces de fer sont disposées dans le fourneau en forme de boîtes sans rebord, leur poids est proportionné à l'usage auquel on veut les faire servir; l'ouvrier remplit chaque boîte avec de l'acier fondu, et après les avoir lutées en dessus avec de l'argile, les expose à un feu violent jusqu'à ce que l'acier entre en fusion. L'habileté de l'ouvrier consiste à saisir le moment précis où il doit retirer le plateau du feu : alors il lève le couvercle de terre, et souffle sur le métal à travers un tube pour en expulser toutes les parties hétérogènes; ensuite il l'amalgame avec le fer par de légers coups. Quand il est refroidi, il le remet au feu, où la fusion recommence, mais à un degré moins fort; ensuite il travaille l'acier à petits coups de marteau pour le purifier et le souder avec le fer. Cette opération se répète de sept à dix fois, suivant la qualité de l'acier, qui le rend plus ou moins facile à traiter. Pendant l'opération, une croûte s'est formée sur l'acier : elle s'en détache à la cinquième exposition au feu. Quelquefois il se forme deux et même trois de ces croûtes, de l'épaisseur d'environ deux millimètres; elles doivent être également enlevées.

Après ces différentes fusions, la plaque est battue au marteau, et on lui

donne la largeur, la longueur et l'épaisseur convenables. Ainsi préparées, les plaques sont de nouveau chauffées pour être perforées au moyen des poinçons coniques. L'opération est répétée cinq ou six fois avec des poinçons progressivement plus petits. Il est essentiel que la plaque ne soit jamais chauffée au-delà du rouge-cerise, parce qu'un plus haut degré de chaleur produit dans l'acier un changement défavorable. Les plaques laminées présentent une matière fort dure, qui cède cependant aux coups de marteau ou au poinçon dont il faut user, quand les trous sont élargis par le fréquent passage des fils.

Quand les plaques ont été réparées plusieurs fois, on est obligé de les passer à l'huile pour diminuer leur dureté devenue trop grande. Souvent elles ont besoin de subir cette opération plusieurs fois, surtout quand on leur a fait changer de dimension. Mais, nonobstant toutes les précautions prises pour préparer les plaques, l'acier varie toujours un peu en dureté, et suivant cette variation il est propre à tirer l'acier ou à tirer le fer. Si l'ouvrier trouve les plaques trop molles pour l'un et pour l'autre, il les met de côté pour les tireurs de cuivre.

Une plaque propre à tirer l'acier peut être impropre pour le fer ; car les longues pièces de ce dernier métal s'amincissent toujours vers leur extrémité, parce que le fil tiré à travers la plaque s'échauffant insensiblement, les parties adhérentes se renflent, et conséquemment réduisent et pressent le fil à la fin plus qu'au commencement du tirage. Les plaques pour le cuivre sont souvent trop molles pour le fer, *et vice versa*.

Les plus petites plaques employées par MM. Mouchel ont au moins deux centimètres d'épaisseur, en sorte que les trous peuvent être suffisamment profonds ; car lorsqu'ils ne le sont pas autant ils saisissent le fil trop brusquement, et le gâtent.

Cet inconvénient se fait surtout sentir dans les manufactures où l'on se sert trop longtemps des mêmes plaques, qui deviennent excessivement minces à force d'être réparées. Une des grandes plaques de MM. Mouchel réduit 1,400 kilogrammes de la plus grosse espèce de fil au n° 6, qui est la grosseur des aiguilles à tricoter ; 400 kilogrammes de ce numéro sont ensuite réduits dans une petite plaque simple au n° 21, qui est la grosseur des fils à carder, et pour finir ceux-ci on les passe douze fois de suite.

Souvent on tire des fils assez fins pour être unis à des fils de soie, de chanvre ou de laine, et ils forment un article de manufacture très considérable.

Le docteur Wollaston a communiqué à la Société royale de Londres, en 1813, les résultats de ses expériences sur le tirage des fils métalliques. Ayant eu besoin de fils très fins pour des télescopes, il se souvint que Muschenbrock parle d'un fil de 152 mètres qui ne pesait que 0,065 grammes, et il résolut d'essayer d'en fabriquer un semblable, quoiqu'on ne connût alors aucun procédé pour produire cet effet. Dans cette vue il prit une baguette d'argent, pratiqua dans sa longueur un trou d'un dixième de son diamètre, remplit ce trou avec de l'or, et réussit à le tirer en fils jusqu'à la grosseur de 6 à 8 centièmes de millimètre, à peu près la plus grande finesse perceptible aux sens. Il trouva de grandes difficultés pour forer l'argent, et résolut d'essayer de tirer des fils de platine autour desquels l'argent pourrait être coulé. Il réussit par-

faitement, tira le platine aussi fin qu'il put le désirer ; et, plongeant l'argent chauffé dans de l'acide nitrique, le fit dissoudre, et le fil d'or ou de platine resta pur.

## FONDERIES DE PLOMB.

Les mines de plomb sont répandues presque dans toutes les parties du monde. En Angleterre, les plus considérables sont dans les comtés de Cornouailles, de Devon et de Sommerset, dans ceux de Derby, Durham, Lancastre, Cumberland et Westmoreland, de Shrop, Flint, Denbigh, Merioneth et Montgomery. En Ecosse, on en exploite à Lead-Hill, dans le comté de Dumfries, et à Strontian, comté d'Argyle (1).

La fonte de la mine est opérée soit dans des fourneaux à manche, soit dans le fourneau à réverbère. Dans la première méthode, le minerai de plomb, qui est une combinaison de plomb et de soufre, est mêlé avec du charbon et jeté dans le fourneau à manche, où, se décomposant par l'action du charbon et par l'oxygène du soufflet, il fond, et tombe goutte à goutte dans la partie la plus basse du fourneau appelée *creuset*. Là il est garanti de l'oxygène du soufflet par les scories qui flottent sur sa surface.

Quand le creuset est entièrement plein, on arrête le vent des soufflets, et l'on fait ce que l'on appelle la *coulée*, c'est-à-dire qu'on fait couler le métal dans un bassin pratiqué à l'extérieur du creuset : on laisse le plomb se reposer pendant quelques instants; les impuretés se portent à sa surface ; et, après qu'on les a enlevées avec une écumoire, on puise le plomb à l'aide de grandes cuillères, et on le verse dans des lingotières pour le mouler.

Dans les fourneaux à réverbère, qui sont certainement les meilleurs de tous dans les lieux où le charbon de terre est abondant, le feu est placé à une extrémité, de manière que la flamme traverse le foyer, et va entrer dans une cheminée très haute, placée à l'autre extrémité. La longueur du fourneau est de 3<sup>m</sup>35 environ, dont 60 centimètres constituent la gorge du fourneau ; le reste forme une surface concave, large de 1<sup>m</sup>37 vers la gauche du fourneau, et de 2<sup>m</sup>23 de long. C'est sur cette surface, appelée *aile du fourneau*, qu'on étend le minerai de plomb pour y être décomposé et fondu.

La gorge du fourneau a 60 centimètres de long sur 1<sup>m</sup>20 de large, et 15 centimètres de profondeur; la longueur du foyer, égale à la largeur de la gorge, est de 1<sup>m</sup>20; sa largeur est de 0<sup>m</sup>60, et sa hauteur de 0<sup>m</sup>91 depuis la grille jusqu'à la voûte. La coupe de la cheminée est de 12 centimètres carrés. En supposant une ligne droite tirée horizontalement du point le plus bas de la gorge de la cheminée au côté opposé du fourneau, la partie la plus élevée de la voûte du fourneau est de 0<sup>m</sup>46 au-dessus de cette ligne ; la partie la plus concave de la sole est de 0<sup>m</sup>23 au-dessous de la même ligne ; le reste du foyer a la même concavité.

<sup>1</sup> On exploite plus de trente mines de plomb en France ; les principales sont situées dans les départements du Finistère, du Haut-Rhin, des Vosges, de l'Isère, de la Loire, du Rhône, de l'Arriège, de la Lozère, etc.

Le fourneau a trois ouvertures d'un côté, d'environ 60 centimètres carrés, à égales distances l'une de l'autre, et pourvues de portes de fer qui peuvent être enlevées quand cela est nécessaire. Outre ces ouvertures, qui servent à brasser le minerai, et sont par conséquent de niveau, deux autres plus petites sont destinées l'une à l'écoulement du plomb liquide, l'autre à celui des scories. La mine est introduite dans le fourneau par une trémie placée au-dessus.

Les mines de plomb, comme celles de fer et de la plupart des métaux, sont combinées avec diverses matières terreuses nommées *gangues*, ce qui oblige à les piler avant. On pile le minerai, soit à coups de marteau, ouvrage exécuté généralement par des femmes, soit en le faisant passer sous des cylindres fort pesants. Quand le minerai a été pilé ou écrasé, la matière terreuse en est séparée par le moyen de l'eau.

On lave le minerai ainsi réduit en poudre en le plaçant sur un tamis dans une grande cuve pleine d'eau, et, en lui donnant un certain mouvement, les parties terreuses, qui sont les plus légères, viennent à la surface et sont enlevées à la main, tandis que le métal, toujours plus lourd que les ingrédients avec lesquels il est mêlé, y est retenu. Toutefois certaines matières étrangères ne peuvent être dégagées par ce moyen, particulièrement la *blende* et les pyrites ou sulfures de fer, à cause de leur grande pesanteur spécifique.

Pour l'opération de la fonte, le minerai est étendu sur la sole du fourneau, de manière à ce que la flamme agisse sur lui et le dégage du soufre; une grande partie du plomb est alors à l'état métallique, et une assez faible quantité, combinée avec l'oxygène, forme avec la matière terreuse un verre qui flotte sur la surface du métal, et pendant le reste de l'opération protège le plomb fondu contre l'action de l'oxygène. Alors, on ralentit le feu en jetant dans le fourneau une certaine quantité de rebut de mines de houille, ce qui diminue la chaleur et fait solidifier les scories; mais il est presque toujours nécessaire d'ajouter un peu de chaux en poudre pour cette dernière partie de l'opération. Les scories étant durcies, on les brise avec un fourgon, et on les jette de l'autre côté du fourneau, d'où elles sont enlevées par l'ouverture ci-dessus mentionnée.

On fait alors couler le plomb selon le mode que nous avons décrit à l'article *Fer*, et il est reçu dans un grand bassin, d'où on le puise avec de grandes cuillères pour le verser dans des moules pour former des saumons. Quand la mine abonde en blende ou en sulfure de fer, il est nécessaire d'y ajouter le fluat de chaux comme fondant.

Les scories contiennent toujours un peu de plomb en grenailles, indépendamment de celui qui en état d'oxide est combiné chimiquement avec elles. On les expose donc à la chaleur d'un autre fourneau, où elles se fondent, et le métal coule dans un bassin, où il est garanti de l'action du soufflet: on le puise dans ce bassin, et on le coule en saumons.

Comme le minerai de plomb contient toujours plus ou moins d'argent, nous donnerons ici la méthode décrite par le docteur Rees dans son *Encyclopédie*, pour extraire l'argent par l'oxidation du plomb<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> • L'extraction de l'argent (par ce procédé) est fondée : 1° sur la propriété que possède l'air d'oxidier le plomb, et de ne point oxidier l'argent à une température élevée; 2° sur celle qu'ont l'argent et l'oxide de plomb de ne point se combiner; 3° sur leur grande fusibilité;

« On se sert pour cette opération d'un fourneau circulaire, creusé en forme de bassin, et garni intérieurement de cendres fortement pressées. Ce fourneau, appelé *coupelle*, a deux ouvertures : l'une pour la tuyère du soufflet par laquelle l'air est forcé d'entrer pendant l'opération, l'autre pour faire couler la litharge. Les Français couvrent les cendres avec un lit de foin, et arrangent les morceaux de plomb symétriquement sur ce lit. Quand le métal entre en fusion par la réverbération de la flamme, les soufflets agissent sur la surface, et bientôt y forment une croûte d'oxide jaune de plomb, ou litharge ; le vent des soufflets pousse cette croûte du côté de la coupelle qui leur est opposée, et elle s'écoule par une rigole ; une autre couche de litharge se forme, elle coule de la même manière, et l'opération continue ainsi, jusqu'à ce que presque tout le plomb soit converti en litharge et rejeté en dehors. La complète séparation du plomb est indiquée par un éclat très vif que présente la surface convexe de la masse métallique restée dans l'intérieur de la coupelle. Les Français introduisent de l'eau dans la coupelle par un tube, afin de refroidir l'argent promptement, et d'empêcher le rejaillissement qui a lieu lorsqu'il refroidit graduellement, sans doute à cause de sa tendance à se cristalliser. En Angleterre, on n'use point de cette précaution, et quelques inconvénients résultent du rejaillissement, lesquels pourraient être évités en employant la méthode française.

L'argent ainsi extrait n'est pas encore entièrement pur. On l'affine au fourneau de réverbère dans une coupelle doublée de cendres d'os, et exposée à une plus forte chaleur ; le plomb qui a échappé à l'oxidation dans le procédé précédent est converti en litharge, et absorbé par les cendres de la coupelle.

Les dernières parties de litharge formées dans la première opération sont encore traitées pour en tirer l'argent qui a pu être entraîné avec elle. On revivifie pour cela la litharge en plomb en la chauffant avec du charbon ; et une partie de ce plomb régénéré est vendue pour les cosmétiques, ou convertie en plomb rouge. La perte de plomb par ce procédé varie extrêmement, suivant la qualité de ce métal. La litharge tirée de trois tonneaux de plomb monte généralement à 30 quintaux ; mais quand on l'a réduit de nouveau à l'état métallique, elle donne rarement plus de 26 quintaux de plomb. On dit que les Hollandais, en opérant l'extraction de l'argent de la même quantité de plomb, ne perdent que trois quintaux de ce dernier au lieu de quatre.

Après avoir expliqué le procédé par lequel le *plomb d'œuvre* est tiré de la mine, il nous reste à décrire comment il est laminé en feuilles ou transformé en tuyaux.

Dans les manufactures où on lamine le plomb, les lingots ou saumons sont mis dans une vaste chaudière, ou dans un fourneau construit en briques. Près de ce fourneau est la table sur laquelle la feuille doit être coulée : cette table est composée de grandes pièces de bois bien jointes, et serrées aux deux bouts par des barres de fer ; elle porte un rebord en bois d'environ 6 à 8 centimètres d'épaisseur sur trois ou quatre de hauteur. Ces tables sont en général larges de 1<sup>m</sup>10 et longues de 6 mètres. On les couvre de sable très

4<sup>o</sup> enfin, sur la différence qui existe entre leur pesanteur spécifique, différence qui fait qu'aussitôt qu'ils sont fondus, l'argent occupe toujours la partie inférieure. »

THÉNARD, *Chimie élémentaire*, tom. 2,

fin, humecté suffisamment pour servir de moule, et sur lequel on passe une pièce de bois ou de cuivre pour le rendre parfaitement uni, après l'avoir battu avec un maillet.

Une pièce de bois étroite et longue, portant une espèce de crampon à chaque bout, s'ajuste sur les rebords de la table, de manière à laisser entre elle et le sable l'épaisseur que l'on veut donner à la plaque de plomb. L'ouvrier fait glisser doucement ce morceau de bois sur le plomb fondu d'un bout de la table à l'autre, et par ce moyen il obtient une feuille parfaitement égale et de l'épaisseur désirée.

En haut de la table est un bassin de tôle soutenu au plancher par des cordes ; le devant porte sur le bord de la table, la partie inférieure sur un tasseau. Cette pièce est destinée à empêcher le métal de couler du côté où il n'y a point de rebord. Quand le métal est suffisamment liquide, on le retire du fourneau avec une grande cuillère de fer, et on le verse dans ce bassin en tôle, où on le purge de ses impuretés en le passant par une grande écumoire. On soulève alors le bassin au moyen de cordes, pour laisser couler le métal sur la table, tandis que l'ouvrier fait passer la règle au-dessus. Quand la feuille a son épaisseur, on rabaisse le bassin, et on laisse refroidir le métal. Les rebords des deux côtés doivent être parfaitement plans et polis pour que la feuille soit droite.

Cette méthode n'est employée que pour couler de grandes feuilles de plomb ; pour de plus petites la table est placée dans un plan incliné, et couverte au lieu de sable d'un morceau d'étoffe de laine cloué aux deux bouts, et sur lequel on étend un linge très fin.

Dans ce procédé il faut faire grande attention à la chaleur du métal liquide, et l'on emploie un morceau de papier pour l'éprouver : si le papier prend feu, le plomb est trop chaud et brûlerait le linge ; s'il ne recoquille pas, le plomb n'est pas assez chaud.

Quand on veut laminer des feuilles très minces, il faut que le bassin et la règle soient faits d'une seule pièce, en forme de boîte de bois sans fond, fermée de trois côtés ; celui de derrière haut de 20 centimètres, et les côtés latéraux diminuant vers le sommet en angles aigus ; la largeur du milieu est celle de la règle, par conséquent de la feuille.

La règle est placée de manière que la partie la plus haute donne sur la partie la plus basse de la table, et les côtés les plus bas dans la partie la plus haute de la table, dans laquelle on verse le métal, et qui est doublée de carton pour empêcher le linge de brûler.

Le bassin étant rempli de plomb, suivant la grandeur que l'on veut donner à la feuille, il est pris par un homme de chaque côté et incliné plus ou moins sur la table, l'épaisseur de la feuille dépendant de la vitesse avec laquelle le métal coule sur la table. Souvent on passe la feuille de plomb entre des cylindres pour la réduire après qu'elle a été coulée.

Comme cet article est intimement lié au travail des plombiers, nous ne croyons pas nous éloigner de notre sujet en insérant ici les tables de mesure de Hulton (1).

1 Ces tables, comme toutes les autres contenues dans cet ouvrage, ont été transformées en mesures françaises.



Le travail du plombier est estimé au poids, le prix de la main d'œuvre augmentant la valeur du métal. Sans peser les feuilles de plomb on connaît approximativement leur poids en mesurant leur dimension. Ainsi, les feuilles de plomb employées dans les toitures, gouttières, etc., pèsent communément de 3 à 5 kilogrammes par décimètre carré. La table suivante indique le poids que doit avoir le décimètre carré de plusieurs épaisseurs déterminées.

ÉPAISSEUR. millim.	POIDS. kilogr.	ÉPAISSEUR. millim.	POIDS. kilogr.
1	1,135	16	18,160
2	2,270	17	19,295
3	3,405	18	20,430
4	4,540	19	21,565
5	5,675	20	22,700
6	6,810	21	23,835
7	7,945	22	24,970
8	9,080	23	26,105
9	10,215	24	27,240
10	11,350	25	28,375
11	12,485	26	29,510
12	13,620	27	30,645
13	14,755	28	31,780
14	15,890	29	32,915
15	17,025	30	34,050

Nous allons maintenant nous occuper des tuyaux de plomb si universellement employés pour les conduits d'eau d'une dimension moyenne, à cause de la facilité qu'on a de les plier dans toutes les directions, et de souder leurs joints.

Les tuyaux de plomb sont quelquefois coulés dans des moules de fer en deux parties, qui forment en se réunissant un cylindre creux de la dimension que l'on veut donner au tuyau; dans ce cylindre-moule on met une tige de fer qui s'étend d'un bout à l'autre, laissant autour d'elle un espace de l'épaisseur du tuyau à faire. On verse le plomb dans le moule par une ouverture formée de deux entailles placées en face l'une de l'autre des deux côtés du moule. Un trou semblable est pratiqué un peu plus loin pour laisser échapper l'air. Le moule est attaché sur un banc, à l'une des extrémités duquel est une crémaillère mise en action par des roues dentées et des pignons.

Quand le tuyau est coulé, on passe un crochet dans un œil placé à l'extrémité de la tige de fer qui tient à la crémaillère, et par l'action des roues dentées et des pignons, on tire cette tige assez en dehors pour qu'il en reste seulement cinq centimètres au bout du tuyau. On sépare les deux parties du moule, qui étaient reliées ensemble par des coins et des vis, et on les rattache sur la tige de fer; le moule étant ainsi transporté, on y fait couler de nouveau du plomb fondu qui, en se rejoignant à la première coulée, forme un tuyau déjà très long. L'opération se répète autant de fois qu'il est nécessaire pour obtenir un tuyau aussi long qu'on le désire.

Une autre méthode, beaucoup meilleure, consiste à couler le plomb sur un tuyau de fer cylindrique d'une dimension proportionnée au diamètre qu'on

veut lui donner en laissant entre le noyau et le moule trois ou quatre fois l'épaisseur du tuyau à faire. On coule des longueurs peu étendues, qu'on passe ensuite à travers des trous pratiqués dans des pièces d'acier, par un procédé semblable au tirage des fils métalliques, jusqu'à ce que les tuyaux soient réduits à la dimension demandée.

Le célèbre maître de forges John Wilkinson de Broseley a été breveté en 1790 pour un autre moyen, qui, depuis l'expiration de sa patente, a été pratiqué avec succès par plusieurs autres manufacturiers. Sa méthode consiste à couler une pièce de plomb circulaire, d'environ 45 centimètres de long, perforée longitudinalement par le milieu. Cette pièce a un diamètre beaucoup plus grand que celui qu'on doit donner au tuyau. Le trou diminue brusquement vers une des extrémités, de manière à former, sur la surface intérieure, un coude contre lequel repose un mandrin de fer poli qui a été passé jusqu'à ce point dans le cylindre. Ce cylindre est un peu plus long que ne doit l'être le tuyau, lequel est en général de 2<sup>m</sup>10 à 2<sup>m</sup>75. On fait passer une vis en fer, ayant un œil à son extrémité opposée, jusqu'à l'autre extrémité du noyau, et on la visse dans la partie du mandrin qui repose contre le coude. En cet état, le mandrin, avec le cylindre de plomb fixé sur lui, est présenté à la filière.

La filière dont on se sert pour cette opération ressemble au bloc décrit à l'article des fils métalliques, mais elle a plus d'épaisseur. La table a 9<sup>m</sup>14 de long sur 61 centimètres de large, et porte à une de ses extrémités un fort cylindre avec une chaîne. Ce cylindre est tiré par une machine à vapeur ou autre moteur, et peut être mis en train ou arrêté par un des moyens décrits à l'article *Moulin*. A environ deux tiers de la longueur de l'extrémité, à partir du cylindre, sont deux chevilles qui soutiennent une plaque d'acier dans laquelle sont pratiqués des trous coniques de grandeurs décroissantes. A travers les plus grands de ces trous, qui sont un peu plus petits que la pièce de plomb circulaire, on fait passer le tenon qui est vissé au bout du mandrin, et attaché à un crochet fixé à l'extrémité de la chaîne qui tient au cylindre. La pièce de plomb est forcée de passer à travers le trou dans la plaque d'acier, ce qui diminue son diamètre et augmente sa longueur. On répète cette opération en faisant passer le tuyau de plomb à travers tous les trous de dimension décroissante, jusqu'à ce qu'il soit réduit au diamètre demandé. On arrête le cylindre, on dégage le mandrin de la chaîne, et on le rattache de suite à l'autre bout. La plaque d'acier étant enlevée, les chevilles contre lesquelles elle s'appuyait laissent passer le mandrin entre elles, mais retiennent le tuyau de plomb, ce qui permet d'en dégager le mandrin, par suite du mouvement du cylindre, que l'on remet en train. On coupe une petite partie du tuyau à chaque bout, et il est alors terminé. Pendant l'opération, l'on a grand soin de maintenir la plaque d'acier et le mandrin bien huilés.

Comme aucun acide ne peut passer dans un tuyau de plomb sans être affecté à quelque degré par ses qualités délétères, il faut se servir des tuyaux de fer ou de plomb étamé, dans les cas où l'on emploie des acides. Pour doubler un tuyau de plomb avec de l'étain, on le coule dans un moule vertical, qui a un noyau d'un diamètre un peu plus grand que celui du tuyau à faire. Quand le tuyau est coulé, on retire ce noyau du moule, et l'on y en substitue un autre de plus petit diamètre. On jette dans l'espace compris entre le tuyau et le noyau, de la résine commune. Cette résine fond par la chaleur du plomb, et

coule au fond du moule. On y verse alors l'étain fondu : la résine flotte à sa surface ; et conséquemment, à mesure que l'étain monte, elle l'enduit de tous côtés, et, agissant comme fondant, unit les deux métaux. Aussitôt que l'étain est solidifié, on retire le dernier noyau, on enlève le moule extérieur, et le plomb doublé d'étain est prêt à passer au tirage. Plusieurs autres procédés également simples sont employés dans le même but.

## FABRIQUES DE MATIÈRES FIBREUSES.

### FABRIQUE DE PAPIER.

Le papier, cette substance si précieuse, qui nous donne le moyen de communiquer nos pensées d'un bout du globe à l'autre, est fabriqué avec de vieux chiffons, à l'aide de moyens mécaniques.

Autrefois, on croyait nécessaire de trier les vieux chiffons qui devaient être manufacturés en papier, et l'on n'employait que les plus fins et les plus blancs pour le beau papier, ce qui rendait par conséquent cette marchandise très coûteuse. Mais depuis l'application du chlore au procédé du blanchiment, la nécessité de ce triage a été grandement diminuée. On a bientôt conçu que cet agent chimique pouvait opérer le blanchiment des chiffons pendant leur transformation en papier, comme il opérait celui du linge.

Au moment où les chiffons se trouvent réduits en bouillie, on jette du chlorate de chaux dans les auges qui les contiennent ; par son action chimique, il blanchit toute la masse, et permet ainsi d'obtenir la première qualité de papier avec des chiffons de qualité secondaire. Toutefois il faut avouer que, comme dans tous ces procédés de blanchiment, la substance du papier est plus ou moins détériorée par le chlore, le papier blanchi par cet agent n'est pas aussi fort que celui qu'on fabriquait anciennement, ce qu'on peut apercevoir en examinant certains papiers épais et d'un beau blanc, qui sont fréquemment offerts au public à des prix d'une modicité étonnante, et qui sont manufacturés avec des chiffons de qualité très inférieure. Il est donc évident que le chlorate de chaux, quand on en use trop abondamment, détruit la fibre ; mais employé dans une juste proportion, il produit un papier d'un beau blanc et d'une force suffisante.

Le moulin à papier se compose d'une roue à eau ou d'un autre moteur, donnant le mouvement à une combinaison de roues dentées et autres roues arrangées de manière à ce que l'axe de la machine à laver et celui de la machine à presser, que nous décrirons ci-après, fassent de 120 à 150 tours par minute. Sur le même arbre que la roue à eau est une roue dentée de dimension égale à celle de la première, et qui s'engrène dans un pignon ; l'axe de ce pignon est pourvu d'une manivelle, laquelle, par le moyen d'une tige de connexion, donne un mouvement de *va* et *vient* à un levier, pour faire mouvoir deux pompes qui font monter constamment un courant d'eau. Ce courant d'eau coule à travers les chiffons dans la machine à blanchir pour entraîner les impuretés séparées par l'opération. On voit la construction détaillée d'une de

ces machines dans les fig. 371, 372, 373, 374, etc; la fig. 371 est une coupe prise dans toute la longueur des machines, et la fig. 372 un plan horizontal.

Le grand bassin A A est extérieurement de forme oblongue; ses angles sont coupés; l'intérieur, qui est doublé de plomb, a les côtés droits et les extrémités arrondies. Il est divisé par une séparation B B, également recouverte de plomb. Le cylindre C est solidement fixé à l'axe P, qui traverse la machine, et reçoit, comme on l'a dit plus haut, le mouvement du pignon E, placé sur son extrémité. Le cylindre est en bois, et pourvu d'un certain nombre de dents attachées sur sa circonférence, parallèles à l'axe et saillantes d'environ 25 millimètres, comme on le voit sur une échelle plus grande, fig. 375.

Immédiatement au-dessous du cylindre, est placé un billot de bois H; il est pourvu de dents semblables à celles du cylindre, lesquelles, en tournant, passent très près des dents du bloc, mais sans les toucher; la distance entre elles étant susceptible d'être réglée par l'élévation ou l'abaissement des supports sur lesquels portent les crapaudines D D dans lesquelles tournent l'axe. Ces crapaudines sont appuyées sur deux leviers F F, qui ont à leurs extrémités des tenons propres à s'ajuster avec les mortaises faites dans les courts rayons G G, qui tiennent aux deux côtés de la machine (*Voy.* aussi fig. 363). Les leviers F F sont mobiles d'un côté, l'autre extrémité étant disposée de manière à pouvoir s'élever et s'abaisser, sur des verroux dans les rayons G.

La branche des leviers la plus proche du cylindre C peut s'élever et s'abaisser par le mouvement de la manivelle qui fait tourner la vis b, laquelle, comme on le voit, fig. 373, presse contre G, qui soutient la tête de la vis. Deux crapaudines placées au milieu des leviers F F, forment les supports sur lesquels tourne l'axe de la machine.

La vis b sert à faire lever et baisser le cylindre, afin qu'il macère plus ou moins fin, suivant l'espace laissé entre ses dents et celles du billot.

Près de K, fig. 371 et 372, est un rebord de planche couvert de feuilles de plomb: il est courbé pour s'ajuster bien exactement au cylindre, ne laissant que peu d'espace entre les dents du cylindre et lui. Un plan incliné K mène régulièrement du bas du réservoir au sommet du rebord, et le billot H est fixé à la partie inférieure de ce plan incliné.

La machine est fournie d'eau par le tuyau Q, qui l'apporte de la pompe. Ce tuyau la décharge dans un petit réservoir N, adjacent à la machine et communiquant avec elle. Le tuyau a un robinet P pour empêcher à volonté l'eau d'entrer et en régler la quantité. Sur le petit réservoir est une grille couverte d'un tamis de cuir pour retenir les matières étrangères qui pourraient s'introduire avec l'eau; quelquefois on attache dans ce but, un sac de flanelle à l'orifice du robinet. Quand la machine est remplie d'eau et d'une certaine quantité de chiffons, le cylindre, en tournant, fait passer et repasser ceux-ci entre ses dents et celles du bloc H, et les met ainsi en pièces. En même temps, la rapidité du mouvement lance l'eau et les chiffons par-dessus le rebord sur le plan incliné; bientôt il s'amoncele plus d'eau et de chiffons dans cette partie du réservoir, et la tendance à l'équilibre jette tout le contenu du réservoir par un mouvement lent le long du plan incliné et autour de la séparation B B, par lequel ils reviennent encore sous le cylindre au bout de vingt minutes. Tous les chiffons se trouvent ainsi coupés dans toutes les directions, et enfin réduits en une espèce de bouillie.

Cette circulation a l'avantage de faire tourner les chiffons tout autour de la machine, et de les présenter aux coupoirs chaque fois dans une direction différente ; car le cylindre coupant toujours en droite ligne comme une paire de ciseaux, il faut absolument que les chiffons soient tournés en divers sens pour opérer leur réduction.

L'opération de couper se fait ainsi que nous allons le dire. Les dents du bloc sont un peu inclinées sur l'axe du cylindre, comme on le voit fig. 374 ; tandis que les dents du cylindre sont parallèles à son axe ; par conséquent lorsque les tranchants se rencontrent, ils forment un petit angle, et se touchent d'abord par une extrémité seulement, puis successivement dans leur longueur jusqu'à l'autre extrémité, de manière que les chiffons dispersés entre les coupoirs sont coupés comme par des ciseaux. Quelquefois les coupoirs du bloc K. sont courbés à partir de leur milieu, au lieu d'être droits et inclinés vers le cylindre ; en ce cas, on les appelle coupoirs à coudes, et les deux extrémités sont penchées vers l'axe du cylindre, chacune dans une direction opposée. Dans l'un ou l'autre cas, le tranchant des dents du bloc ne peut être droit, mais bien courbé, de manière à suivre la surface du cylindre.

Les coupoirs entrent dans une entaille faite sur le billot, et ils y sont fixés au moyen de vis ; leur tranchant ne fait le coude que d'un côté, comme on le voit en *k* dans la coupe fig. 374. Le billot est taillé en queue d'aronde pour être d'aplomb ; il remplit exactement le fond de l'auge ; son extrémité passe dans le bois du coffre, et se projette à quelque distance sur la partie extérieure, où il est maintenu par un coin ; de manière qu'en ôtant ce coin on peut enlever le billot pour aiguïser les coupoirs quand cela est nécessaire ; ce qui se fait sur une meule, en séparant chaque coupoir.

Les coupoirs du cylindre y sont fixés dans des rainures taillées à égale distance l'une de l'autre sur sa circonférence, en direction parallèle à l'axe. Ces rainures sont au nombre de vingt, et pour la machine à laver, elles portent chacune deux coupoirs. Une baguette de bois est enfoncée bien serrée entre elles pour les tenir fermes ; et les baguettes sont maintenues par des pointes enfoncées dans le bois du cylindre. Le cylindre à battre a les mêmes rainures, mais chacune porte trois dents et deux baguettes, comme on le voit fig. 375.

Il faut que le cylindre soit enfermé dans une case, sans quoi sa grande vitesse lancerait toute l'eau et tous les chiffons hors de la machine. Il est donc placé dans une boîte de bois LL, fermée de tous côtés, excepté au fond ; un des côtés appuie sur le bord de la citerne, l'autre sur le bord de la séparation B B. Les lignes *ee* représentent le bord du châssis en bois couvert de crins ou de treillis ; et directement au-dessous d'eux, la boîte a un fond avec un rebord du côté du cylindre, ce qui forme une auge complète.

Les espaces noirs *ee*, fig. 371, montrent la situation de deux ouvertures ou dégaugeoirs pratiqués dans le côté de la case, et conduisent à des tuyaux aplatis *bb*, fig. 372, lesquels sont placés à côté de l'auge, le rayon F étant coupé par eux. Ils servent à dégorger l'eau seule de la machine ; car le cylindre, en tournant, jette quantité d'eau et de chiffons contre les tamis ; l'eau passe à travers, coule dans l'auge et de là dans les extrémités des tuyaux de plomb *bb*, fig. 372, par lesquels elle est emportée : *dd*, fig. 371, sont des rainures pour deux tablettes qui doivent couvrir les tamis et empêcher l'eau d'y arriver,

si l'on a besoin de la retenir dans la machine; et il en est toujours ainsi pour les machines à battre; conséquemment, elles ont rarement des tuyaux à dégorger, ou n'en ont du moins que d'un seul côté; l'autre côté du couvercle étant d'une courbure conforme à celle du cylindre. Ces machines à laver et à battre diffèrent entre elles seulement sous ce rapport et sous celui du nombre et de la finesse des dents, la dernière en portant 60 au lieu de 40, et tournant aussi plus rapidement que la première.

Quand les chiffons ont été réduits en bouillie ou pâte par ces procédés, on les forme en feuilles de papier.

Dans l'ancienne méthode, on introduisait une petite quantité de cette pâte sur un tamis, pourvu de deux mains, au moyen desquelles l'ouvrier agitait l'instrument, jusqu'à ce qu'elle se fût étendue également sur toute la surface. Ce procédé, joint à ceux de presser, de sécher, etc., continuait la formation du papier. La finesse dépendait de la qualité des fils dont se composait le tamis.

Ce mode d'opération, si peu mécanique et si incertain, a été remplacé par des inventions très ingénieuses, dues à plusieurs personnes. Mais les machines maintenant adoptées presque généralement, et qui l'ont décidément emporté sur toutes autres tentatives faites dans le même but, ont été inventées par M. Fourdrinier. L'action et l'arrangement de cet ingénieux mécanisme consistent d'abord à établir un châssis horizontal en bois, de la longueur voulue, pourvu d'un rouleau à chaque extrémité, et sur lequel s'étend un treillis sans fin de fils de cuivre, de la finesse nécessaire pour le papier que l'on veut fabriquer. À l'une des extrémités du châssis, immédiatement au-dessus de l'un des cylindres et parallèle à lui, est une auge angulaire, dans laquelle arrive la pâte de chiffon : elle en sort par une longue ouverture, réglée au moyen d'une vis, et tombe sur la surface du treillis. À ce moment, les cylindres sont mis en mouvement, et le treillis avance lentement avec un mouvement de trépidation, ce qui range et disperse la pâte également. Cette trépidation est communiquée à la machine par un mouvement excentrique.

Aussitôt que le papier arrive, encore grossier et humide, à l'extrémité du treillis du côté du cylindre le plus éloigné, il est enlevé par un plus grand cylindre couvert de flanelle, passe de là sous une suite de cylindres semblables, et enfin est délivré à un dévidoir autour duquel il s'enroule aussi longtemps que dure l'opération. Ainsi, par cette ingénieuse machine, on peut fabriquer du papier d'une longueur indéfinie, et de toutes les largeurs compatibles avec celles des treillis. Pour le former en feuilles de la longueur et de la largeur de la machine et du dévidoir, on retire le dévidoir et on coupe le papier des deux côtés.

L'arrangement des divers mouvements des cylindres pour faire marcher le treillis, et ensuite presser le papier, ainsi que l'action du dévidoir, le tremblement communiqué à toute la machine par l'excentrique, et l'arrivée régulière de la pâte, suivant les qualités du papier, forment ensemble la plus heureuse et la plus élégante combinaison que la mécanique ait jamais produite. On doit regretter seulement que les inventeurs et premiers propriétaires de cette grande source d'industrie nationale n'aient pas obtenu des récompenses proportionnées au bien qu'ils ont fait à leur pays.

La quantité d'eau nécessaire pour un moulin à papier limite généralement

l'étendue de son travail. Les manufacturiers sont donc intéressés fortement à tout perfectionnement tendant à augmenter la puissance de ce moteur.

Un très grand moulin à papier, à Maidstone, comté de Kent, principal siège des manufactures de papier en Angleterre, tourne par le moyen d'une machine à vapeur, et réussit assez bien. Mais il faut pour employer cet agent que les constructions soient d'une extrême solidité, afin que les secousses produites par l'action de la machine à vapeur ne mettent pas en pièces tout le mécanisme. Le bruit et la vibration d'une machine à battre de cette espèce sont terribles; car, lorsqu'elle fait 120 tours par minute et porte 40 dents, chacune desquelles passe contre 12 à 14 dents du bloc à chaque tour, cela fait près de 60,000 coups de dents par minute, tous assez bruyants pour produire le son le plus effroyable que l'on puisse concevoir.

Un battant tournant encore plus vite, et portant 60 dents et 20 à 24 coups dans le bloc, donne 180,000 coups par minute, ce qui est tellement rapide, que l'on entend à une grande distance une sorte de bourdonnement musical. Ce grand nombre de coups de dents explique comment en quatre ou cinq heures cette machine peut réduire en pâte une prodigieuse quantité de chiffons.

M. John Dickenson a pris en 1819 un brevet pour certains perfectionnements dans sa machine à couper et à planer le papier, et pour une mécanique avec laquelle on fabrique le papier par un nouveau procédé. Il décrit ainsi ces mécanismes :

La première partie de l'invention, consistant en certains perfectionnements de la machine à couper et à planer le papier, est décrite dans les planches annexées à l'ouvrage. La fig. 376 représente une coupe longitudinale; la fig. 377, un plan, et la fig. 378, une coupe transversale. Chaque partie dans l'élévation, fig. 376, correspond à la même partie dans le plan fig. 377, et les mêmes parties sont indiquées par les mêmes lettres dans les trois figures. *a* est un dévidoir couvert de papier; *b* un rouleau à secousses, pour tirer un peu en arrière l'extrémité du papier, après qu'il a été coupé; *c* une barre sur la surface supérieure de laquelle est une rainure où tourne le coupoir circulaire *d*. La barre *c* est mobile jusqu'à une certaine hauteur, et se lie à deux bras *xx*, par le moyen desquels elle peut être baissée; les ressorts *ee* la font relever quand elle est dégagée de la pression des bras *xx*; *f* est un châssis glissant, qui porte des pinces *g* sur le devant. La planche sur laquelle le papier est établi est marquée *h*, et sur le côté, près des pinces, elle a des dents minces *ii*; le châssis *f*, qui porte les pinces, glisse dans les rainures du corps de la machine, et la baguette *j* le fait avancer et reculer; les pinces se ferment lorsqu'on les tire, et s'ouvrent lorsqu'on les repousse. De chaque côté du châssis *f*, un petit rouleau est fixé et agit sur l'un des bras *xx*, en sorte que le châssis, étant poussé vers le dévidoir, comprime les bras, et par conséquent écarte la barre *c* hors du chemin des pinces, qui en ce moment sont ouvertes. Le bord du papier est dans le même temps parallèle au côté de la planche qui porte des dents *ii*, et les mâchoires des pinces en se serrant, aussitôt que la baguette *j* est mise en mouvement pour tirer le châssis en arrière, saisissent le papier dans chaque intervalle entre les dents, et le tirent après elles. Quand il est arrivé à la longueur que l'on veut donner à la feuille, la barre *c* ayant été relevée et remise à sa place par les ressorts *ee*, le coupoir circulaire s'avance; et comme

le tranchant entre dans la rainure, le papier qui est posé dessus est coupé par le milieu. Les deux bouts tombent alors sur le tas, au-dessous des pinces, lesquelles étant alors repoussées en arrière, et en même temps ouvertes par la baguette *j*, l'autre extrémité de la feuille est dégagée; de plus le rouleau balancier *b* tombe alors sur la planche *h*, et tire le bout du papier, jusqu'au niveau de la ligne formée par l'extrémité des dents *i*, où il se trouve prêt à être de nouveau saisi par les pinces. Les baguettes *j*, par lesquelles le châssis portant les pinces est mis en mouvement, ont un crampon *k*, qui peut être fixé au moyen d'une vis sur toutes les parties de la baguette; le rochet étant pourvu de chevilles *mm*, à deux points opposés de sa surface, elles entrent dans les crampons, tirent la verge, et conséquemment le châssis avec les pinces. Quand le rochet a fait un demi tour, le crampon est arrêté par la barre *n*, et le châssis et la verge restent en repos pendant que le papier est coupé. Quand la cheville est dégagée du crampon, la verge et le châssis sont immédiatement tirés en arrière par un poids passant sur une poulie qui est liée à la verge par la corde *o*. Le couteau circulaire est fixé dans une espèce de petit chariot pourvu de quatre rouleaux *pp*, par le moyen desquels il glisse le long des rayons *qq*. Le couteau est mû à raison de 500 tours par minute, par le moyen d'une corde qui passe autour des poulies *r, ss*, et qui est tenue en mouvement par une force convenable. Le petit chariot peut être avancé à l'instant convenable, soit par la méthode suivante, soit par toute autre que l'on jugera plus commode. On attache au petit chariot une corde qui passe sur une poulie, et porte à son extrémité un poids suffisant pour l'entraîner d'un côté avec un mouvement accéléré; pour l'entraîner de l'autre côté, une corde, attachée au petit chariot, passe sur une poulie, et est fixée au poids *a*, fig. 379, qui est beaucoup plus lourd que le précédent.

La corde sans fin *B* passe autour de la petite poulie *D*, qui est maintenue dans un mouvement uniforme, et avec une vitesse proportionnée à celle avec laquelle le papier doit être coupé. La corde passe aussi autour de la poulie *C*, laquelle porte un rochet qui l'empêche de tourner; conséquemment quand la poulie marche, elle fait monter le poids *A*, et la corde est retenue par le petit poids *E*, en sorte que, lorsque le rochet qui arrête la poulie *D* est levé, le poids *A* descend, et lui fait faire une révolution entière; il est de nouveau arrêté par le rochet; en même temps le poids *A* tire le chariot, lequel est pris par le côté du châssis et arrêté par un crochet; quand on veut couper la feuille suivante, on dégage le petit chariot et en même temps on soulève le poids *A*, qui est beaucoup plus lourd, assez haut pour permettre au petit chariot d'avancer. Les deux crampons peuvent être construits d'après des méthodes connues, et le mouvement par lequel ils se dégagent peut être communiqué avec avantage par le crampon *e*; les chevilles *mm* sont fixées dans des trous *tt*, à une distance plus ou moins grande du centre, suivant la grandeur que doit avoir la feuille de papier, et le crampon sur la verge *j* peut être changé de même. On donne un mouvement régulier au crampon par une force convenable, et dans la proportion convenable pour la coupe du papier.

Les autres figures expliquent les autres parties de l'invention, consistant en certaines machines ou mécanismes pour fabriquer le papier par une nouvelle méthode. Pour cet objet on construit un cylindre dans les conditions suivantes: premièrement, il doit être creux et ouvert par les deux bouts:



secondement, sa surface doit être semblable à un crible, percé de trous assez grands pour donner passage à l'eau, mais sans laisser passer les fibres du chiffon; troisièmement, il doit être fait de telle sorte que sa forme cylindrique ne puisse être altérée nonobstant la forte pression à laquelle il sera soumis: quatrièmement, il doit être pourvu de larges cercles plats pouvant couvrir une partie de sa surface, et à chaque extrémité il peut y avoir plusieurs paires de ces cercles, de différentes longueurs, suivant la proportion de surface qu'on veut laisser découverte; par ce moyen, le même cylindre peut servir à faire des papiers de plusieurs dimensions; cinquièmement, il doit tourner sur un axe horizontal, et être fixé solidement par des supports, de manière à pouvoir être mis en mouvement par une force quelconque; sixièmement, les nombreuses petites ouvertures de la surface extérieure doivent répondre à un nombre moins grand d'ouvertures plus grandes, qui communiquent à la surface intérieure, et sont séparées par des cloisons solides: septièmement, il ne faut pas qu'il soit fait en bois, parce qu'il serait sujet à se déjeter, ni en fer, parce qu'il se rouillerait et gâterait le papier; le cuivre ou tout autre métal résistant est la matière la plus convenable à employer. Pour construire un cylindre ayant les conditions que nous venons d'énumérer, et dont les dimensions doivent être analogues à celles du papier que l'on veut faire, on prend, dit l'inventeur, un cylindre de cuivre bien poli extérieurement et intérieurement, excepté dans un petit espace à chaque bout; on tourne l'extérieur en forme de vis dont les pas ou filets auraient six millimètres de hauteur, et 1 millimètre de profondeur, avec un bord arrondi. On perce entre les filets des trous coniques, dont le diamètre, à l'orifice, est de la largeur des intervalles compris entre les filets, le diamètre du fond n'ayant que la moitié de cette dimension; l'espace entre les trous sur la surface extérieure du cylindre est égal à la largeur du filet; on pratique sur les filets des entailles pour y placer des fils de fer croisés, dont le diamètre est égal à celui des filets; en sorte que quand ils sont posés dans les entailles, et soudés ou attachés de quelque autre manière, la surface du cylindre ressemble à un filet à mailles oblongues, ayant les surfaces de tous les interstices placées, les unes par rapport aux autres, avec une courbure égale. On couvre ensuite le cylindre avec un treillis sans fin bien tendu. Les extrémités du cylindre sont coupées ou cannelées de manière que l'on puisse faire glisser un anneau à chaque bout, et les extrémités des fils sont vissées sur ces anneaux par des vis qui passent au milieu des fils. Les anneaux sont pourvus d'autres vis, afin de pouvoir s'étendre en dehors du cylindre, et les fils, y étant attachés, sont par ce moyen étendus, et tirés fortement sur la surface du cylindre.

Dans la fig. 380, *ab* est la coupe transversale d'un segment du cylindre; *c c c* sont les trous; *d d d* les fils d'archal croisés; *eee* le filet de la vis.

La fig. 381 est le plan d'une partie de la surface extérieure du cylindre. Dans la partie *AB* de cette surface on a supposé les fils croisés ou le treillis extérieur enlevé, pour qu'on vît mieux la disposition des trous *c c c*. La partie *BC* montre le cylindre avec les fils croisés, *d d d*, soudés, ou autrement attachés par leurs bouts aux deux extrémités du cylindre. Dans la partie *O* on voit le cylindre avec le treillis sur lui.

La fig. 382 est une coupe d'une partie du cylindre, à l'un des bouts; les trous sont marqués *c c c*, les fils croisés *d d d*; le treillis extérieur *f* est représenté

par une ligne ; il se prolonge sous les plaques *g*, et est fixé, par un certain nombre de vis *h*, sur le cercle *i*, qui est ombré. Après avoir été attaché de cette manière à chaque bout du cylindre, le cercle *i* peut être porté en dehors du cylindre par le moyen des vis plus grandes *R*, et les fils sont tendus très ferme par ce moyen sur la surface du cylindre. Cette partie du mécanisme est aussi représentée dans le plan fig. 381, où les différentes parties sont marquées de la même manière.

La fig. 383 représente un treillis de fils croisés qui peut être tendu sur le cylindre exactement de la même manière que celui de fils croisés ; les fils qui forment pour ainsi dire la trame doivent être parallèles à l'axe, et les fils nouants *eee* à angles droits sur les premiers doivent être très fins, très près les uns des autres, et tendus aussi ferme que possible par leurs extrémités. Les fils croisés *ddd* sont posés diagonalement, afin qu'ils ne se trouvent point parallèles aux fils couchés, dans lequel cas ils s'opposeraient au passage de l'eau. Et par cette raison on doit les placer à un angle aussi près de 45 degrés que cela peut être convenable : mais si le cylindre n'est destiné qu'à fabriquer du papier-étouffe, les fils croisés peuvent être parallèles à l'axe, les trous placés sur la même ligne, et les filets de la vis changés en petits boutons. On emploie encore d'autres modes de construction pour des cylindres, qui remplissent également toutes les conditions demandées ; mais l'inventeur n'a voulu décrire que celui qu'il regarde comme le plus facile à construire, le plus durable et le plus avantageux. Il propose aussi de lier au cylindre les cercles mentionnés au quatrième article, comme nécessaires pour couvrir une partie de la surface du cylindre. Il les termine alors par des bras de manière à former des chapiteaux qui peuvent être fixés sur l'extrémité du cylindre ; chacun étant pourvu d'un axe peut être attaché dans des supports, afin de pouvoir tourner par l'effet de la force motrice.

La fig. 384 représente la coupe du cylindre, avec un réservoir fixé contre lui. Les côtés de ce réservoir ont une courbure qui répond aux cercles ou surfaces des chapiteaux ; le fond de ce réservoir, au point *s*, est fait de manière à s'adapter exactement sur la surface du cylindre, en sorte que lorsqu'il est rempli d'un fluide, ce fluide ne puisse échapper d'aucun côté, et qu'il suive, en coulant à travers, la surface du cylindre jusqu'à ses extrémités : la figure exacte de ce réservoir n'est pas importante à déterminer. On prépare une auge triangulaire fermée aux deux extrémités, et construite de manière que les bords supérieurs s'ajustent à l'intérieur du cylindre à une profondeur suffisante pour que le fond puisse être à peu près de niveau avec le centre du cylindre. Ce fond étant fixé, lorsque le cylindre tourne, chaque partie du bord extérieur frotte contre l'intérieur du cylindre, lequel, comme on l'a dit avant, doit être parfaitement uni. On voit, fig. 380, une coupe de cette auge qui a un orifice *m* à une des extrémités. Il faut observer qu'aux points *nn*, elle devient en contact avec la surface intérieure du cylindre.

La fig. 385 est la coupe verticale où l'auge est représentée fixée dans l'intérieur du cylindre ; on y voit l'orifice *m*, et le tuyau *n*, qui y communique. Il faut observer que cette auge est solidement fixée aux points *oo* au moyen de vis, et soutenue à l'autre bout par une cheville cylindrique qui travaille dans un trou du chapiteau *a*. L'autre chapiteau *b* au lieu d'axe a un trou dans

le milieu, adapté à l'extérieur du tuyau *n* de manière à former un support pour ce côté du cylindre. L'axe du cylindre, appuyé sur un support, porte une roue dentée *p*, par le moyen de laquelle le mouvement est communiqué au cylindre, qui, en tournant, frotte contre le bord supérieur de l'auge, sur laquelle il abandonne le fluide passant à travers la partie supérieure de la surface du cylindre.

La fig. 386 représente un des chapiteaux vu de face.

La fig. 387 est une élévation de la coupe du mécanisme préparé pour la fabrication du papier.

La fig. 388 est un plan de la même machine. Chaque partie dans l'élévation, fig. 387, est sur la même ligne que la même partie dans le plan fig. 388, et toutes sont marquées dans les deux figures par les mêmes lettres. A est un coffre circulaire, dans lequel la matière est reçue au sortir de la machine. B est un agitateur formé de plusieurs bras, et lié au fuseau C, qui passe à travers un tube D dans le centre du coffre, et qui, étant entraîné par la roue dentée E, maintient la matière en mouvement dans le coffre. Par le moyen des deux poulies *ff*, le fuseau fait mouvoir un autre petit agitateur dans le petit vaisseau G. Celui-ci est destiné à recevoir la matière au sortir du premier coffre; elle y est conduite par le tuyau H dont l'ouverture peut se diminuer ou s'élargir au moyen d'une soupape conique mue par l'appareil connu I. Ainsi, à mesure que le réservoir se remplit, l'orifice se ferme graduellement, la matière du petit récipient G peut être maintenue à la même hauteur, et l'écoulement par le tuyau J au fond doit être toujours égal. Le réservoir A peut être de la figure et de la dimension que l'on veut, et disposé de la manière qui conviendra le mieux. Le second doit être circulaire, et d'environ 45 centimètres de diamètre et de profondeur. L'usage de ce second récipient est de régulariser l'écoulement, ce qui ne pourrait avoir lieu si la matière se déchargeait directement au sortir du grand; car alors son passage dans le tuyau serait plus ou moins rapide, suivant la hauteur du niveau, qui changerait en raison de l'épuisement ou de l'accumulation de la matière. Dans le tuyau J est un robinet K, par lequel la quantité de matière qui doit passer peut être réglée avec la plus grande précision; et quand on s'est une fois assuré de la proportion requise, aucune variation ne peut plus arriver à cet égard. La meilleure espèce de robinet ou de soupape pour remplir cet objet est celle qui laisse à la matière un passage presque rond ou carré, parce que si l'ouverture était trop étroite, la matière pourrait l'encombrer. Le tuyau I descend dans le tuyau K à travers lequel passe continuellement un courant d'eau rapide qui emporte l'excédant de pâte, et la fait passer dans le récipient L, où deux agitateurs M M sont tenus constamment dans un mouvement assez vif par le moyen des poulies V N. Dans ce récipient et dans le tuyau K l'eau et la matière se mêlent de manière à former de la pâte de la consistance convenable pour faire le papier; mais il faut observer que par cette méthode de fabriquer le papier il y entre quatre fois autant d'eau que dans celle employée ordinairement; la pâte du papier du réservoir L coule par les tuyaux O O dans le récipient P dont on a vu précédemment le détail, fig. 384. Q Q sont de grands tuyaux de décharge qui servent à régulariser la hauteur de la pâte et à la maintenir au même niveau. Dans le réservoir R est le cylindre creux décrit fig. 380, 381, 383, 884 et 385. Ce cylindre étant

mis en mouvement dans la direction indiquée par les figures, l'eau coule constamment à travers sa surface du point S au point T, c'est-à-dire à travers toute la partie qui est couverte par la pâte. A mesure que l'eau passe, les fibres des chiffons restent sur la surface, de manière à s'accumuler sur toutes les parties données de la surface pendant le temps de son passage du point S au point T. Quand le cylindre sort de la pâte au point T, il en a recueilli la quantité nécessaire à la formation de la feuille de papier : le même résultat se renouvelle tant que le mouvement continue. La quantité de pâte enlevée par le cylindre est toujours uniforme. Seulement elle contient encore tant d'eau qu'il est nécessaire de la dégager d'une grande partie de ce fluide avant de pouvoir la soumettre à aucun procédé de pression capable de faire adhérer ensemble les fils, et de lui donner la consistance du papier. A cet effet, l'auge V, dont la construction est plus amplement détaillée fig. 380 et 385. est fixée dans l'intérieur du cylindre. Cette auge communique avec le tuyau W comme on le représente dans la fig. 385, dans laquelle le tuyau est indiqué par la lettre *x*. Ce tuyau communique avec la paire de doubles pompes X X, placée dans une citerne pleine d'eau, en sorte que quand ces pompes jouent, l'air contenu dans l'espace triangulaire laissé entre l'auge et le cylindre, est poussé en dehors; conséquemment la pression de l'atmosphère a lieu sur la surface du cylindre qui est couverte de pâte, dans l'état décrit plus haut, et par là rendue presque impénétrable à l'air. L'effet produit immédiatement est d'exprimer l'eau de la pâte, et de la laisser en forme plus compacte sur le cylindre, en sorte que le papier ne puisse être dérangé au point L par la pression du rouleau solide *a*. Cette partie du procédé peut être appelée pression *pneumatique*. La circonférence du rouleau *a* se meut exactement dans la même proportion que celle du cylindre R, et dans la direction indiquée par le dessin. Le rouleau *a* doit s'adapter exactement entre l'intérieur des chapeaux décrits fig. 385, de manière à ne pouvoir presser que le papier qui couvre la surface perméable du cylindre. La surface du rouleau *a* pourrait être polie, et le papier adhérerait à cette surface au lieu de s'attacher au cylindre perméable R; il serait alors emporté pour subir une seconde pression entre le rouleau *a* et le rouleau *b*. La surface du dernier est perméable, et conséquemment le papier peut être séché par elle au degré suffisant pour permettre de le couper. Les fabricants de papier savent tous qu'indépendamment de la qualité des matériaux, la force, le poli et la beauté du papier dépendent de l'arrangement des fibres qui le composent; que dans une feuille de papier bien faite les fibres sont rangées en direction horizontale et parallèle, ce que l'on exprime en termes du métier en disant que la matière a été bien jetée. Si le papier n'offre pas plus ou moins cette condition, il sera inégal, rude, inconsistant et d'un mauvais usage. Dans les anciennes méthodes on remplissait cet objet essentiel en agitant les moules sur lesquels la pâte était placée, en sorte que l'eau en s'écoulant laissait les fibres étendues à plat sur le moule et rangées en direction parallèle : mais par le mécanisme ci-dessus décrit la matière est parfaitement jetée sans secousses, les fibres étant graduellement déposées en direction longitudinale, par le moyen du frottement qui a lieu sur le cylindre, en conséquence de son mouvement dans un sens opposé à celui du courant de la pâte; ce frottement a pour effet d'unir les fibres à mesure qu'elles s'étendent sur le cylindre; cet effet continue tout le temps de la fabrication du pa-

pier, et agit également sur toutes les parties. On introduit cette grande quantité d'eau dans la pâte, afin que chaque fibre puisse flotter séparée, et prendre librement sa direction.

Le principe développé ici pourrait admettre des modifications moins avantageuses, telles que de limiter une partie de pâte sur la surface d'un treillis sans fin, tourné sur des cylindres comme dans la coupe fig. 390, sans appliquer la pression pneumatique dans l'un ou l'autre cas.

Dans la fig. 389, le cylindre *a b c* doit être creux, et ses surfaces être perméables. Dans la fig. 390, le cylindre peut être d'une construction plus simple que celui décrit fig. 380, 381, 382, 384 et 385; mais, à moins qu'il ne soit extrêmement grand, il ne peut servir que pour faire du papier auné, parce qu'il faut un très long temps pour que l'eau s'écoule avant que le papier puisse être soumis à la pression mécanique.

Pour faire du papier par cette méthode, il faut observer qu'après qu'une certaine quantité de fibres a été déposée sur le cylindre, le passage de l'eau est devenu si difficile, que sans une hauteur de pâte très considérable, la pression ne serait pas suffisante pour forcer l'eau à passer à travers le cylindre et les fibres rangées sur lui; en conséquence, les fibres seraient entraînées ou considérablement dérangées avant d'arriver au point *T*, qui est le niveau de la pâte dans le réservoir. Pour obvier à cet inconvénient, il est nécessaire, quand on fait du papier épais, d'ajouter la pression de l'atmosphère au poids de l'eau. On peut produire cet effet en étendant un côté de l'auge *V* sous le niveau de la pâte, de manière à établir une ponction sous la partie du cylindre qui est couverte par la pâte aussi bien que sous la partie qui en est sortie. Il faut pour cela que l'auge soit plus large; mais dans tous les cas, l'exacte proportion du cylindre que doit couvrir l'autre n'est pas importante, car on sait par expérience quelle largeur suffit pour sécher le papier au degré qui permet de le soumettre à la pression du rouleau *a*. Le rouleau *a* doit presser sur le cylindre *R* à peu près au point qui donne sur un côté de l'auge *V*; et suivant que celle-ci est affectée, le rouleau l'est aussi; mais cette pression ne doit pas être moindre de 45 degrés au-dessus du niveau de l'axe, parce qu'autrement une partie de l'eau exprimée du papier serait encore absorbée, au lieu que, d'après la position dans laquelle ce rouleau agit, fig. 387, l'eau est pompée dans l'auge. Le rouleau *a* peut ne pas être fixé dans des supports, mais tenu sur le cylindre par des poids suspendus à chaque extrémité de l'axe, que l'on peut proportionner suivant les circonstances; dans tous les cas, la pression principale doit être sur le rouleau *b*. L'eau qui coule à travers le cylindre, dans les fig. 387 et 388, et qui s'échappe par son extrémité, tombe, selon le premier exemple, dans la citerne *C*, d'où elle passe par le tuyau *d* dans la citerne *e*, et de là, au moyen d'une paire de pompes aspirante et foulante *ff*, elle est envoyée à travers le tuyau *K* dans le vaisseau *L*, en sorte qu'elle revient sans cesse, pour servir à la même destination de conduire la pâte du tuyau *y* au cylindre. Le tuyau *G* est une espèce de jauge par laquelle lorsque la pâte est parvenue à la hauteur convenable dans le vaisseau *L*, le surplus est emporté dans la citerne *C*, où il peut y avoir un grand tuyau qui la décharge. L'eau tirée du cylindre *R* par l'auge *V*, au moyen des pompes *XX*, peut se perdre. La dimension du cylindre *R* et de l'auge *V* est réglée suivant la consistance et la grandeur du papier que l'on veut fabriquer. Trente-huit

centimètres de diamètre suffisent pour un cylindre destiné à faire du papier de la consistance de 56 centimètres sur 45, pesant 9 kilog. par rame; la longueur du cylindre est tout à fait arbitraire. L'épaisseur du papier fait par un cylindre peut être réglée de plusieurs manières: premièrement, en se servant de cylindres de différents diamètres; secondement, en accélérant ou en retardant le mouvement du cylindre; troisièmement, en changeant la proportion de la surface du cylindre couverte par la pâte; quatrièmement, en changeant la consistance de la pâte. Mais comme la circonférence du cylindre doit être mue à raison de 10 à 11 mètres par minute et que la pâte doit dans tous les cas être fort légère, la meilleure manière pour faire varier l'épaisseur du papier consiste à changer la proportion de la surface du cylindre couverte par la pâte; conséquemment, pour les papiers les plus épais, il faut un plus grand cylindre, ou bien faire usage d'un réservoir s'étendant plus haut vers le point Z, de manière à couvrir une plus grande partie de la surface du même cylindre. Pour du papier plus mince il faut employer un réservoir couvrant une moins grande partie de la surface du cylindre, ce qui s'obtient par le moyen d'un robinet au tuyau J, comme on le voit fig. 390. On peut mesurer exactement la quantité de pâte fournie au cylindre; par conséquent on peut maintenir l'épaisseur du papier égale ou variée à volonté, pourvu que l'épaisseur de la pâte dans le coffre A, et le mouvement du cylindre R, soient toujours uniformes. Par le moyen des tuyaux *jauges* g, le niveau de la pâte dans le réservoir P peut varier jusqu'à ce qu'on ait trouvé le meilleur point où le cylindre doit sortir de la pâte; l'eau fournie par le tuyau r est mesurée en proportion. On peut établir comme règle générale, que plus le papier est épais, plus le niveau de la pâte dans le réservoir doit être élevé. Pour ajuster exactement l'auge V sur le cylindre R, l'inventeur conseille de la bourreler autour du sommet à l'endroit où elle se trouve en contact avec l'intérieur du cylindre, comme aux points *nn* dans la coupe, fig. 380.

La manière de poser des bourrelets est trop bien connue pour qu'il soit nécessaire de la décrire autrement que par sa représentation dans le dessin. Le frottement du réservoir P sur le cylindre peut être évité par des bandes d'étoffe de laine ou de cuir, particulièrement à la ligne qui traverse le point S.

Les fig. 391 et 392 représentent un mode plus simple de construction. A est un cylindre creux dont la surface est perméable, et qui peut être employé dans le cas où la pression pneumatique n'est pas applicable; *a a a* est le filet de la vis; *b b b* les barres croisées qui traversent la surface intérieure parallèlement à l'axe. Le meilleur moyen pour construire cette machine est de couler le cylindre avec les barres dans l'intérieur, et de couper la vis assez profondément pour former une ouverture entre chaque barre. Ce cylindre doit être pourvu de fils de fer croisés, comme le cylindre R, et ses dimensions varient suivant l'emploi auquel on le destine. Le rouleau *b* des fig. 387 et 388 peut être fait de la même manière, mais plus fort, puisqu'il doit soutenir une plus grande pression.

Quand la machine travaille, l'agitateur et les pompes doivent être mis en jeu, d'abord en faisant tourner l'arbre *k*, et ensuite le cylindre R par le moyen de la roue dentée P, qui donne le mouvement aux rouleaux *a* et *b* par l'intermédiaire des roues dentées *q* et *r*. La manière de donner le mouve-

ment, la situation des pompes et du coffre contenant la matière, peuvent varier suivant les circonstances ; mais il faut que le mouvement soit parfaitement régulier.

## MANUFACTURE DE COTON.

Le coton est une matière végétale, fibreuse, produite par un arbuste nommé *gossypium*, ou plante du coton, qui croit naturellement, et qu'on cultive en grande quantité dans les régions situées entre les tropiques, particulièrement en Amérique.

Le coton est tiré de la capsule où les graines de la plante sont renfermées, et la première préparation qu'il doit subir est d'être séparé de ses graines et des fragments de la capsule qui peuvent rester accrochés dans les filaments cotonneux. Anciennement on effectuait ce nettoyage au moyen d'un archet d'environ 1<sup>m</sup>20 de longueur, semblable à celui dont se servent maintenant les chapeliers. On plaçait le coton sur une table carrée, dans laquelle des fentes horizontales avaient été pratiquées, et on le remuait avec l'archet jusqu'à ce que toutes les matières étrangères, graines, poussière, etc., se fussent séparées et fussent tombées dans les fentes. Cette méthode incommode et incertaine a été remplacée par une autre bien plus efficace et plus prompte, au moyen d'une machine composée de cylindres unis ou cannelés.

La fig. 399 représente une machine composée de deux cylindres *a* et *b*, cannelés, d'un petit diamètre, placés si près l'un de l'autre que, quand le coton arrive à leur point de contact, ils le saisissent immédiatement et le tirent au milieu d'eux, tandis que les graines et autres matières dures, ne pouvant passer avec le coton, tombent dans la boîte *K*, et sont rejetées d'un seul côté par la direction inclinée du fond de cette boîte. Le mouvement est communiqué par la pédale de la manivelle *C D*, et réglé par le volant *E*.

Le coton est présenté aux cylindres sur la tablette *f g*; il est tiré entre eux, et sort ensuite en *I H*. Dans l'Amérique méridionale, cette sorte de trappe est très usitée, et un seul nègre, avec une de ces machines, nettoie de 13 à 17 kilogrammes de coton par jour; ce qui peut être considéré comme un travail considérable et très pénible.

Ces cylindres cannelés sont remplacés quelquefois par une machine composée d'une scie circulaire, ainsi qu'on le voit dans la coupe, fig. 400. Le coton est jeté dans le compartiment *A B* sur le côté marqué *C D*, qui est formé de fils de fer forts, rangés parallèlement pour pouvoir admettre la scie circulaire *E* fixée sur l'axe *F*. Par ce moyen les dents de la scie saisissent le coton, et le tirent à travers les barreaux. Les semences et autres corps étrangers, étant trop gros pour passer, restent en arrière, et tombent peu à peu par l'ouverture *G*. Le coton est enlevé de la scie par le moyen d'une brosse circulaire *H*, tournant rapidement sur son axe. Le mouvement est communiqué par la main ou toute autre puissance appliquée à l'axe *F*, sur une des extrémités duquel est placée la roue *K*, agissant sur un pignon *M* fixé à l'une des extrémités de l'axe qui porte la brosse.

La force des chevaux appliquée à l'un de ces deux appareils aide infiniment au procédé, qui, comme nous l'avons dit plus haut, est un travail très dur

pour les nègres, et que l'on évite autant que possible. On a objecté contre ce moyen que les animaux, en changeant de pas, pouvaient nuire à l'uniformité du coton; mais il existe pour régulariser leur marche des moyens très simples qui pourraient être facilement employés pour cet usage.

Quand le coton a été soumis à l'un de ces deux procédés, il est emballé, et exporté pour les marchés d'Europe.

Arrivé sur ce continent, il est encore soumis à l'action d'une machine pour le débarrasser plus complètement des corps étrangers, à moins qu'il ne doive être filé en gros fils; alors la première préparation suffit.

La première machine que nous allons décrire, et qu'on emploie en Angleterre pour achever de nettoyer le coton, est appelée *éplucheuse*, et représentée fig. 393. A et B sont deux cylindres sur chacun desquels est tendue une toile sans fin, appelée *toile alimentaire*. Sa surface supérieure se trouve toujours portée vers D par la révolution des cylindres. E et F sont deux cylindres cannelés qui se touchent presque, et tournent de manière à ce que leurs surfaces, venant en contact, passent par G H; G H I K sont des cylindres garnis à l'extérieur de longues pointes mousses, et faisant environ 250 révolutions par minute. L L est une grille de fil d'archal, à travers laquelle les matières étrangères doivent tomber, quand le coton porté par la toile est délivré par les petits cylindres sur le devant de G H. Par la révolution rapide de G H le coton est jeté sur le sommet OP, et de là emporté et placé sur le cylindre JK. Celui-ci l'entraîne avec la même vitesse, et, après l'avoir jeté sur le grillage du cylindre, le reporte en arrière sur la face inférieure G H, qui, après l'avoir tiré de nouveau sur le grillage et débarrassé de tout ce qu'il avait encore de grains et de poussière, le dépose dans la boîte RR.

Cette machine est sujette à altérer la qualité du coton, et on l'a avantageusement remplacée par une autre, nommée *batteuse*, représentée fig. 401. Dans cette machine la toile sans fin posée sur les cylindres A et B porte le coton sur les cylindres *c* et *d*, qui le délivrent sur le ratelier courbe ou grillage *d e*, tandis qu'un volant *g h*, tournant rapidement sur son axe, frappe le coton avec ses deux tranchants *g* et *h*, et le divise: en même temps le courant d'air produit par les révolutions du van J, souffle le coton sur le grillage *k k*, le sépare des particules étrangères, et enfin le dépose dans une boîte placée à son extrémité.

Le coton est alors en état d'être filé aussi fin qu'il convient pour l'usage auquel on le destine. Parmi les différents modes de filage, les principaux sont le filage dit *mule-spinning* et *mule-jenny*: ce premier de ces procédés s'appelle, en français, filage à la *jeannette*.

Le filage par la *mule-jenny*, le plus parfait de ces procédés, et par lequel se fait le plus beau fil de coton, attirera le premier notre attention.

Quand on veut produire le fil le plus fin avec ce procédé, le coton, au lieu d'être soumis à l'action d'une des machines ci-dessus décrites, est nettoyé entièrement à la main. On procède à cette opération en étalant le coton sur un fort filet de cordes tendu sur un châssis, et en le battant avec des baguettes d'osier, jusqu'à ce qu'il soit débarrassé de ses impuretés. Alors il est cardé, tiré, étendu, replié et tordu; toutes opérations préliminaires, essentielles pour le filage à la *mule-jenny*.

On se sert pour carder de deux sortes de machines: l'une, nommée la



*briseuse*, prépare le coton à subir l'opération de l'autre, nommée la *finisseuse*.

Une carde est une sorte de brosse dans laquelle les poils sont remplacés par des petites tiges de fils de fer coudées (représentée fig. 394). Ces petites tiges sont passées dans les trous d'un morceau de cuir flexible, et présentent, vues de côté, une forme semblable à celle qu'on voit sur la fig. A B est le cuir, et C D les fils passés à travers. Il y a deux sortes de cardes; les unes, nommées *cardes-feuilles*, ont environ 10 centimètres de large et 45 de long, ou une longueur correspondante à celle du grand cylindre qu'elles doivent couvrir; les autres, nommées *cardes-filets*, sont faites dans une bande continue, ou filet.

Les dents de la carde-filet sont placées dans la direction de la longueur du filet. Elles couvrent complètement le cylindre sur lequel elles sont appliquées; tandis que les premières laissent un espace entre chaque feuille, comme on le voit sur le grand cylindre, fig. 395.

La fig. 395 représente, en coupe, la première machine à carder; A est le grand cylindre couvert des cardes-feuilles; B le cylindre à détacher, couvert de la carde-filet; C C C est la surface du cylindre qui forme l'enveloppe; *e g*, la toile chargée de coton qui avance vers le cylindre F par le moyen du cylindre G, et délivre le coton entre les cylindres *h h*, qui le portent au grand cylindre. Ce grand cylindre tourne rapidement, et envoie le coton en haut entre lui et l'enveloppe, qui est également couverte de cardes à feuilles, larges d'environ 5 centimètres, et propres à suivre le plus exactement possible la courbure du grand cylindre. I est le cylindre avalant, lequel a un rouleau de bois sur sa surface supérieure; et K est le cylindre déchargeant, garni d'un peigne d'acier.

Cette dernière pièce est vue plus en grand, fig. 396 : elle représente le cylindre déchargeur vu de face, et sur une plus grande échelle. Là on peut voir que le peigne L L est attaché en travers du cylindre déchargeur, et soutenu par les deux supports *m m*, fixés sur deux crans à l'arbre *n 3 n 3*. Les parties supérieures de ces supports *m m* tiennent à des crans correspondants à *n n*, en sorte que la plaque, par la révolution de l'arbre, est tirée en bas quand elle est en contact avec le cylindre déchargeur, et en haut quand elle est éloignée de ce cylindre. Le coton est saisi par les *rouleaux alimentaires*; il est emporté par le grand cylindre, et il passe entre celui-ci et les sommets ou plateaux, dont les dents sont en direction opposée à celle des dents du grand cylindre; et par ces actions combinées, le coton est peigné, divisé et nettoyé, et ses fibres placées parallèlement l'une à l'autre.

Le grand cylindre, par son mouvement circulaire, se trouve bientôt couvert de coton, que détache le cylindre déchargeur, placé assez près pour toucher le premier, et qui se meut beaucoup moins vite dans la direction du trait. L'effet de cette machine doit donc être de distribuer également le coton sur le grand cylindre, les cardes supérieures, et le déchargeur; mais le peigne, par l'action décrite plus haut, débarrasse continuellement le cylindre déchargeur, dont les pointes se trouvent conséquemment toujours prêtes à recevoir une nouvelle charge de coton du grand cylindre. La plaque enlève sans cesse le coton cardé au cylindre *déchargeur*, et le délivre au cylindre receveur en cardes d'environ 45 centimètres de large, qui est la dimension exigée pour les beaux filages.

Quand les cardes supérieures sont couvertes de coton, une personne est chargée de les en débarrasser, par le moyen d'une carder clouée sur une planche.

La quantité de coton ainsi préparé donnée par cette machine dépend du mouvement des cylindres et de la qualité du coton. Quand le coton a passé à travers, la machine est tournée sur le cylindre receveur (qui doit contenir environ 20 cardes), la personne qui suit l'opération soulève le rouleau J I, fait une coupure dans le tissu circulaire, et l'enlève du rouleau.

On voit dans cette opération le premier procédé employé pour replier ou doubler le coton, ce qui se fait dans le but de rendre le fil plus égal en force et en épaisseur.

Le coton en cet état est porté sur-le-champ à la machine à finir, presque toujours placée derrière la première, comme on le voit fig. 397. La construction de cette seconde machine à carder est en tout semblable à celle de la première, excepté qu'au lieu d'être pris par un cylindre *receveur*, le coton, en quittant le *déchargeur*, est tiré à travers une pièce R, dont la forme ordinaire est celle d'un pavillon de trompette, par le moyen des rouleaux s et t, ensuite délivré dans le bidon W. On voit les cylindres s et t de profil dans cette figure, et de face, fig. 396; ce procédé étant encore considéré à juste titre comme le fondement de toute bonne filature, nous ne terminerons pas cet article sans faire encore quelques remarques.

La machine à briser, pour le coton fin, est en général pourvue de cardes contenant 35 dents, ou 70 pointes par centimètre carré; et celles de la machine à finir en ont 40 ou 80. Toutefois les fileurs de coton sont très partagés sur ce sujet, et dans quelques filatures le même travail se fait avec des cardes moins fines d'un cinquième que dans d'autres. Les cardes supérieures sont généralement plus grosses d'un dixième, et celles du cylindre déchargeur plus fines d'un dixième que celles du grand cylindre: dans quelques manufactures l'on a introduit sur le derrière des machines où le coton arrive premièrement des cardes supérieures plus grosses en vue de débarrasser le coton des particules étrangères les plus volumineuses; dans d'autres établissements ces pièces ont été supprimées, comme superflues. Les cardes sont montées lâche sur le cuir, qui doit être mince et fort. La machine à carder marche par le moyen d'une courroie passant d'un tambour sur une poulie à serrer ou à lâcher fixée sur l'arbre du grand cylindre. Cette poulie est vue fig. 65, et son usage a été expliqué à l'article des Moulins.

Pour revenir au coton que nous avons laissé dans le bidon de la machine à carder en forme de tranches, on le soumet alors au tirage, opération représentée fig. 398. Dans ce procédé, trois ou quatre bouts de corde sont portés dans des bidons d'étain, et passés entre les cylindres AB et CD, lesquels tournent avec une vitesse inégale. Les cylindres CD vont beaucoup plus vite que AB; et les cylindres A et C pressent B et D au moyen du poids e. Maintenant supposons que quatre tranches soient placées ensemble et passées entre les cylindres AB et CD, et que CD ait une vitesse tellement supérieure à celle de AB que la tranche devienne quatre fois plus longue qu'elle ne l'est quand elle est présentée à ce dernier; le coton, par ce procédé, sera réduit des trois quarts en épaisseur, c'est-à-dire que les quatre morceaux n'auront plus que l'épaisseur qu'avait un seul morceau à l'entrée dans la machine. Par là, les fibres du coton se trouvent aussi rangées plus régulièrement les unes contre les

autres. L'opération est répétée en pliant les tranches déjà passées et leur faisant subir la même préparation. La tranche, ainsi pliée et réduite, est tirée par la bouche G, au moyen des cylindres E et F, et dévivrée dans un autre bidon.

Après que le coton a été tiré et replié autant de fois qu'on le juge nécessaire suivant sa qualité et la finesse du fil qu'on veut faire, il est porté à la lanterne tournante.

Cette machine, très usitée dans les filatures où l'on emploie le procédé dit *mule-jenny*, est représentée fig. 402; on la nomme lanterne tournante. A B sont deux cylindres tournant plus lentement que C D; A et C sont pressés sur les cylindres B et D par le poids E. comme on peut le voir, de face fig. 402, et de profil fig. 403. Les *lanternes*, qui remplacent ce que nous avons appelé *bidons* plus haut, fig. 402, sont représentées l'une fermée, l'autre ouverte; la dernière s'ouvre par le moyen de gonds après qu'on a levé l'anneau G. Les lanternes peuvent tourner sur leur axe *hh*, et sont maintenues droites par les colliers *ii*; leurs extrémités supérieures sont pourvues des pièces *kh*.

Si deux tranches de coton sont apportées de la machine à tirer, et passées entre les rouleaux laminoirs A B et C D, l'étirage et le repliage ont encore lieu; et les cylindres C D alimentent le bout ainsi formé dans la lanterne à travers la bouche *k*, laquelle, en tournant rapidement sur son axe, donne à la tranche tirée un léger degré de torsion. Quand la lanterne est remplie, on arrête les cylindres, le mouvement cesse; on ouvre la lanterne, et le coton est dévilé sur une bobine; en cet état il est porté à une machine nommée *étendeuse*.

On a fait quelques objections contre cette espèce de travail: premièrement, sur la nécessité de faire sortir le coton de la lanterne pour le tourner sur une bobine, opération pendant laquelle il peut être endommagé, ses fibres adhérant très légèrement ensemble; secondement sur ce que le coton n'étant tordu que par la révolution du bidon dans lequel il est recueilli, la torsion n'est pas également distribuée dans toute la longueur du morceau. On a tenté de lever la première difficulté en plaçant le bidon dans un châssis, et en tirant le coton en dehors à travers la bouche par laquelle il est entré. M. Arkwright avait trouvé, pour résoudre la seconde difficulté, un moyen qui paraissait assez bien répondre à l'objet; il introduisait une paire de rouleaux sur le sommet de la lanterne tournante pour tenir ferme le coton, et le fournir à la lanterne aussitôt qu'il est reçu des rouleaux: cela eût sans doute fait tordre le coton également partout; mais la mécanique nécessaire pour produire le double mouvement de rotation a été trouvée incommode, et par conséquent cet appareil n'a pas été adopté.

Un *appareil roulant*, de construction différente, obviant aux précédentes difficultés, et qui a été adopté plus généralement, est représenté fig. 404; on l'appelle *bobinoir*. Les rouleaux étendeurs sont semblables à ceux décrits ci-dessus; et le coton, plié et tiré, est représenté sortant des rouleaux en A, d'où il passe par un œil en C sur le haut du fuseau D, en bas d'une des ailes du *balancier* B B, qui pour cet effet a une forme tubulaire. Par la révolution du fuseau D, causée par une courroie passée sur la poulie F, les balanciers, emportés rapidement, tordent et tournent le fil sur la bobine E; celle-ci monte sur le fuseau quand on soulève la tablette G G, sur laquelle elle repose, et elle redescend avec elle.

Le coton est, par ce moyen, légèrement tordu et tourné sur la bobine, dans l'état où il doit être présenté à l'*appareil étendeur*, dont la construction est fort semblable à celle de la *mule-jenny*. Il suffira de montrer un profil de l'un des fuseaux d'une mule, fig. 405. A est la place où la bobine du bobinoir, qu'on ne voit pas sur cette figure, aurait été posée, et *ccc* sont trois paires de rouleaux tournant les uns plus vite que les autres pour étendre davantage le coton. Ainsi étendu, le coton est porté au fuseau B, qui est d'acier poli, et légèrement diminué à l'extrémité, et terminé en pointe émoussée. Ce fuseau est mis en mouvement par la poulie D au moyen d'une corde passant autour du tambour dans la boîte EEE; ce tambour porte d'autres cordes, passant de la même manière à plusieurs autres fuseaux. Quand le mouvement commence, la table EEE recule à la position indiquée par les lignes ponctuées, et emporte avec elle les fuseaux à la position B'; au même moment le fuseau tourne rapidement sur son axe, et tord à certain degré le coton, qui a déjà été réduit de son diamètre en passant entre les rouleaux CCC. Le châssis peut reculer d'environ trois mètres, et quand les fuseaux ont suffisamment tordu, la table revient à sa première place: alors le conducteur de la machine, en faisant mouvoir sur son axe la barre H, force le coton roulé à descendre, par le moyen d'une pièce de fil d'archal K, qui fait tourner le coton sur les fuseaux de manière à former une figure que l'on peut représenter par deux cônes, dont l'un a un angle plus aigu que l'autre, placés base contre base, comme on le voit en A, B et BI. Cette forme est appelée *touffe*, et l'action de distribuer le coton par le mouvement KK se nomme faire les touffes.

Il faut observer que quoique cette machine soit nommée *appareil étendeur*, le coton n'y est pas étendu; mais il y subit simplement un tirage et un filage de surplus; car il n'est réellement étendu qu'à l'opération suivante, qui s'exécute sur la mule, et se nomme proprement le filage.

La matière délivrée de l'appareil étendeur, sous la forme des touffes, est prise sur la mule, qui, quoique beaucoup plus légère et dans sa structure et dans l'action de toutes ses parties, ressemble infiniment à l'appareil étendeur; les fuseaux sont aussi plus petits et plus près l'un de l'autre.

La machine à filer dite *mule-jenny* diffère de l'appareil précédent en ce que, outre les autres opérations, elle étend le fil. Lorsque le châssis EEE a reculé à une certaine distance, généralement d'un mètre, les rouleaux CCC s'arrêtent; et le châssis, continuant de reculer, étend le fil. Pendant ce procédé, les fuseaux placés sur les châssis EEE se meuvent beaucoup plus vite, pour gagner du temps. L'extension est faite dans le but d'allonger et de réduire les endroits du fil qui se trouvent plus gros et moins tordus que les autres parties, afin que le fil soit tordu égal et sans aspérité. Quand les touffes sont faites, on les ôte des fuseaux mouvants, on les met sur des parties stationnaires d'autres métiers comme en A, et le fil est encore soumis au même procédé, jusqu'à ce qu'il soit réduit à la finesse demandée, soit par rapport à son diamètre, soit par rapport à sa torsion. Pendant toute la durée de l'opération, les fils peuvent être continuellement réunis, en sorte que les touffes qui sont en pièces séparées peuvent être ajoutées l'une à l'autre en parties ou autrement, suivant que l'allongement du fil dans le cours des différentes opérations l'exige. Les pièces sont réunies par des enfants qui surveillent chaque métier pour rattacher les fils qui peuvent se briser pendant qu'ils s'étendent ou se tordent.

Les tambours qui font mouvoir les fuseaux dans les parties du métier, qui doivent reculer, sont mis en action par des cordes qui communiquent avec la force motrice ; mais l'avancement et le reculement de la table, pour recevoir et tendre le fil, a lieu au moyen d'une roue tournée à main. Un fileur doit par expérience savoir régler ces opérations. La touffe est encore un objet qui demande beaucoup d'attention ; car si elle est mal faite, le fil ne peut jamais être égal. Un métier de cette espèce porte en général 300 fuseaux. Le fil produit par cette filature est beaucoup plus parfait que tous les autres, et sert à fabriquer les plus beaux tissus, tels que les dentelles et les tulles. Quand il est filé en deux, quatre ou six brins, on l'emploie comme coton à coudre.

Le *filage* dit *spinning-jenny*, appelé en français à la *jeannette*, est un procédé plus ancien et moins parfait que le précédent ; aussi n'est-il guère employé que dans les manufactures où l'on file le coton pour les étoffes grossières. Dans ces sortes de filatures, après que le coton a été nettoyé par quelques-uns des procédés ci-dessus décrits, on le plonge, avant de l'exposer à l'action de la jeannette, dans une solution de savon et d'eau, pour le dégager de la matière glutineuse qui couvre ses fibres, comme toutes les autres fibres végétales ; ensuite on exprime l'eau de savon, on fait sécher le coton dans un endroit chaud, et on le présente à la machine à carder.

La machine à carder dont on se sert dans les filatures à la jeannette est différente de celle que nous venons de décrire ; pour le filage en usage précédemment, on a deux machines, l'une divise et l'autre finit ; mais dans le dernier procédé, une double machine fait le travail de diviser et celui de finir ; et le déchargeur de la première partie délivre le coton sur le grand cylindre de la seconde, qui le décharge de même sur le second déchargeur : celui-ci, au lieu d'être couvert de cardes à filets comme le déchargeur des machines simples, est couvert de cardes-feuilles comme le grand cylindre ; mais comme il est plus petit, il n'en porte que douze ; ainsi le coton enlevé de ce déchargeur par la plaque n'est pas en une seule pièce continue, mais en petites parties égales à la quantité attachée à chaque carde sur le cylindre déchargeur.

A mesure que les petites parties de coton sont délivrées par le peigne, elles tombent dans la concavité d'un arc égal à un tiers de cercle. Dans cet arc, un cylindre d'acajou poli tourne lentement dans une direction telle, que la partie la plus basse de l'arc passe loin de la machine. Ce cylindre a sur sa surface de petites cannelures parallèles à son axe ; les angles de projection entre les cannelures sont pris de manière à ce que le coton qui tombe du déchargeur soit saisi par les cannelures, entraîné dans la partie concave de l'arc, et formé en tranche d'environ 12 millimètres de diamètre de la longueur qui répond à la largeur des machines à cardes, qui est de 60 à 85 centimètres. Les parties du coton ainsi roulées sont appelées rouleaux.

En cet état le coton est au même point que celui qui sort des cadres dans les filatures à la mule-jenny ; mais il est évident que le dernier procédé ne peut produire d'aussi beau fil, parce que les fibres de coton dans les rouleaux sont rangées en sens contraire à la direction longitudinale dans laquelle ils doivent être filés, et que l'on n'a point l'avantage que donne l'autre manière de carder, qui dispose les fibres en longueur ; ni celui de doubler, avantage que procure le cylindre receveur. Quand les rouleaux ont été achevés par le cylindre d'acajou, des enfants les portent sur la toile d'une machine dont la

construction et l'action ressemblent beaucoup à la mule, et sa toile à celle décrite avec la machine nommée *éplucheuse* et *batteuse*.

La toile est posée inclinée, et les rouleaux placés dessus, de manière à passer lentement dans la direction de l'action, et à être délivrés sur le rouleau supérieur entre deux pièces de bois, capables de les saisir et de les relâcher. On attache les rouleaux à des fuseaux tournant en avant et en arrière par un mouvement analogue à celui de la mule ou appareil à tirer. Par ces révolutions et ces retours, les fuseaux étendent et filent, et dans les intervalles où ils travaillent, la toile s'arrête, les planches saisissent le coton, et le retiennent assez longtemps pour qu'il soit filé et étendu ; ensuite elles le relâchent pour qu'il cède la place à un autre supplément de matière. Le coton, ayant reçu un certain degré de torsion, est établi en touffe sur un fuseau comme dans la mule, et porté à la machine dite *jeannette*.

L'opération de la *jeannette* est presque la même que la précédente; la seule différence matérielle entre les deux est que les touffes de coton qui doivent être filées par la *jeannette* sont fixées sur une table mouvante, qui a des crochets pour tenir le coton pendant qu'il est étendu et filé.

On peut voir, d'après cette description des opérations de la *jeannette*, qu'il y manque les deux procédés de tirer et de replier, si essentiels à la formation des beaux fils, parce qu'ils placent les fibres parallèlement en longueur; mais comme les fibres dans les métiers à la *jeannette* sont placés en travers de la longueur du fil, cela lui donne un certain *corps* qui le rend préférable pour faire des étoffes plus fortes.

Le filage à l'eau diffère des deux premiers, mais les machines à carder et à tirer sont semblables à celles de la filature à la mule. Quand le coton a été cardé et tiré, on le porte à la machine à filer, qui est construite sur un principe différent de la mule, et se rapprocherait plutôt du bobinoir.

Un des fuseaux de cette machine est représenté fig. 406 : A, bobine appartenant au bobinoir; BC et E, guides à travers lesquels le fil doit passer; GGG, trois paires de rouleaux pour exécuter le tirage; et H, balancier solide, ayant à l'extrémité d'un de ses bras une sorte de tire-bouchon, à travers lequel passe le fil. Par la révolution du balancier, le fil se tord suffisamment, et se tourne sur la bobine, qui, par le mouvement de son support JJ, monte et descend de manière à recevoir le fil régulièrement. Le guide C a un mouvement lent, s'accordant avec la direction des axes des rouleaux GGG, par lequel le coton est agité sur les rouleaux, afin d'être travaillé uniformément dans toutes ses parties.

Dans le filage à l'eau, on ne retrouve pas le procédé d'étendage. Le mouvement est transmis du premier moteur aux appareils à tirer et à rouler par le moyen de roues à coudes, placées à l'extrémité de la machine. Ces roues mettent en mouvement les rouleaux, qui portent sur leur axe des roues dentées, adaptées de manière à se faire mouvoir l'une l'autre au moyen de roues intermédiaires qui font mouvoir les rouleaux inférieurs dans la direction convenable. Les fuseaux reçoivent leur mouvement des courroies communiquant au tambour K, représenté par les lignes pointées. La différence entre la machine que nous décrivons ici et la machine ordinaire des filatures à eau, est que le cylindre K court dans toute la longueur de la machine, et met en mouvement tous les fuseaux à la fois; tandis que dans la machine ordinaire,

les fuseaux sont mis en jeu par une poulie debout, qui ne donne le mouvement qu'à une suite de six fuseaux, ce qui est avantageux en ce qu'on peut en arrêter une suite sans les arrêter tous; mais, comme la dernière de ces machines exige plus de frais que l'autre, il est douteux qu'elle lui soit préférée.

Les diverses sortes de cotons filés ont chacune leur destination particulière. Le coton de la mule et celui de la jeannette est tiré de la machine en forme de touffe; celui de la filature d'eau est dévidé sur une bobine. Le fil du dernier appareil, qui se distingue par la force et l'égalité, est principalement employé à fabriquer des étoffes solides, telles que futaines, gros calicots, etc. Pour préparer ce fil à être mis en vente, on le dévide sur un métier composé de six traverses soutenues sur un axe et parallèles l'une à l'autre.

On voit ce dévidoir en profil, fig. 407. A A A A A, traverses; B, axe; C, bobine de la filature d'eau. Les lignes ponctuées indiquent la direction du fil. Ces dévidoirs sont ordinairement assez grands pour dévider environ 50 bobines à la fois.

Quand le dévidoir a fait 80 tours, une petite clochette, liée au mécanisme, sonne pour avertir le surveillant qu'il est temps d'arrêter la machine. On nomme tout le fil dévidé en une fois une *couche*, et plusieurs couches réunies forment un écheveau, que l'on enlève du dévidoir, en faisant retomber en dedans une des traverses, pourvue d'une charnière à cet effet. Le dévidoir a un mètre et demi de circonférence; par conséquent l'écheveau porte 840 mètres. On exprime la grosseur du fil en établissant la quantité d'écheveaux qui entrent dans un demi-kilog. Ainsi, le fil dit n° 100 est celui duquel il faut 100 écheveaux de 840 mètres chaque pour faire un demi-kilog. Avec des mules on peut filer du fil à 200 écheveaux le demi-kilog.; mais la filature à eau et celle à la jeannette en donnent rarement qui passent 60 à 70 écheveaux.

Le bâtiment dans lequel on établit une filature de coton est généralement en forme de parallélogramme, d'une longueur proportionnée au travail qui s'y fait, et large d'environ 9 à 10 mètres. Dans les établissements de ce genre les mieux construits, la machine à carder et les autres machines préparatoires sont placées à l'étage le plus bas: les mules et les machines à étirer sont au-dessus, et ainsi de suite, jusqu'aux machines sur lesquelles le fil prend son dernier degré de finesse. Les mules jenny et les machines à eau sont établies en travers du bâtiment, avec leurs rangées de fuseaux; et les axes des cylindres des machines à carder sont parallèles au long mur. Quatre ou six rangs de *briseurs* et de *finisseurs* sont placés alternativement.

La machine à vapeur, ou premier moteur, est placée à une extrémité du bâtiment; et par un arbre horizontal, parcourant toute la longueur du bâtiment, elle communique le mouvement à des arbres verticaux pourvus de roues, qui transmettent à leur tour le mouvement à des arbres horizontaux dans les étages supérieurs.

#### FILATURES DE LAINE.

Ce genre de manufacture, si important et si connu, se divise en deux classes, les *laines longues* et les *laines courtes* ou *laines laineuses*.

*Des laines longues.*

Il est facile de concevoir que le principe d'après lequel on a pu former par des mécaniques un fil de coton peut s'appliquer à la fabrication de fils composés d'autres matières fibreuses; et quoique les rouleaux ne puissent pas être avantageusement adaptés à toutes sortes de matières, cette difficulté est bientôt surmontée. La manière de filer à la main la laine longue et le lin n'est pas semblable, mais l'une et l'autre matière est tirée par le milieu et non par le bout de chaque fibre. On prend le fil au milieu de la quenouille; il passe entre les doigts de la main gauche, et se tord à mesure que la main s'éloigne de la quenouille sur laquelle la filasse est attachée. La révolution de la roue, effectuée par la main droite et communiquée par une corde à un tour ou une poulie sur le fuseau, produit la torsion nécessaire pour rendre le fil solide, et par un mouvement modéré de la même roue, le fil est porté presque perpendiculairement au fuseau, et tourné autour pour former la *touffe*. De là il est porté sur le dévidoir, et devient un écheveau d'une longueur déterminée et variant de poids suivant la finesse du fil. En cet état il est délivré aux manufacturiers, pour être employé à la fabrication des étoffes de laine.

Peu d'années après l'introduction des métiers à filer le coton, un individu obscur, nommé Hargraves, inconnu jusqu'alors comme mécanicien, et depuis longtemps employé dans les fabriques de MM. W. Boikleck et Comp., à Settle, dans le Yorkshire, essaya de filer la laine longue par le moyen des rouleaux. Il fit les modèles des machines préparatoires nécessaires, et d'une machine à filer, avec le secours de personnes accoutumées à la construction des machines pour le coton; et il réussit au point de décider ses commettants à faire bâtir un grand moulin pour l'application de ses plans.

Ces mécaniques, connues par la suite, furent mises en usage dans les grandes manufactures. On fut convaincu, malgré les idées que l'on s'était faites d'abord sur ce procédé, qu'il produisait du meilleur fil tant pour les étoffes fines que pour les grosses, et qu'il était préférable au filage à la main, qu'il a entièrement remplacé.

La première opération faite sur la laine, après qu'elle a été assortie et lavée, est de la peigner, soit à la main, soit avec une machine récemment inventée par l'ingénieur docteur Cartwright. L'objet de l'une et l'autre méthode est d'arranger les fibres aussi parallèlement qu'il est possible; et comme elles ont une direction un peu tortueuse, et qu'elles sont d'une longueur assez considérable, cela ne peut se faire qu'en les séparant souvent par le peigne ou la machine. Ainsi peignée, la laine forme un faisceau de fibres long d'environ 1<sup>re</sup>80, nommé *tranche*, que l'on place sur l'appareil à étendre ou à tirer. La laine passe entre plusieurs paires de rouleaux, dont les premiers et les derniers sont les plus essentiels; les intermédiaires, qui ont un mouvement égal, ne servent qu'à conduire la matière travaillée, reçue dans des bidons cylindriques. Trois filons sont passés ensuite dans une machine semblable, et étant parfaitement étendus ils deviennent propres à être roulés. En admettant la différence de distance entre les poids et les rouleaux, en raison de la longueur et de l'adhérence plus grande des fibres laineuses, la description de la



bobine servant au coton explique suffisamment celle qui peut s'employer pour la laine.

Le filage est effectué par deux paires de rouleaux tournant avec une vitesse inégale, et par des rouleaux intermédiaires.

Le fil légèrement tordu, tiré de la bobine E, fig. 408, est lentement emporté par les rouleaux A a, et soutenu à mesure qu'il avance par les deux paires C c et D d. Alors il est tiré entre les rouleaux B b, et ayant été réduit ainsi à la grosseur demandée, il est tordu par le balancier L, fixé au sommet du fuseau à travers lequel il passe en K. De là il est pris par la bobine M, qui tourne sur l'axe du fuseau, mais moins vite. L'épaisseur que garde le fil en dernier résultat dépend de la différence de vitesse entre les rouleaux soutenant et les rouleaux filants, A a et B b, lesquels imitent évidemment l'action des mains. La célérité des trois paires de rouleaux plus rapprochés du derrière de la machine est égale; par conséquent le fil ne prend aucune extension entre eux. Les rouleaux supérieurs de la première et de la dernière paire sont pressés sur les inférieurs par les poids FG, beaucoup plus lourds que HJ, qui sont supportés par les axes de CD; ceux-ci devant seulement porter sans secousses le fil et empêcher les bouts les plus éloignés des fibres de laine de s'écarter, tandis que B b les tirent par l'autre bout. Les rouleaux de devant, appartenant à une division ou boîte, sont représentés fig. 409, où l'on voit aussi le tambour qui fait mouvoir les fuseaux, et communique le mouvement à six rouleaux, par un pignon placé sur son axe. Le pignon placé sur l'extrémité droite du rouleau, agissant sur une suite de roues convenablement proportionnées, transmet successivement le mouvement qui convient aux rouleaux plus éloignés.

#### *Laines courtes.*

On se sert de la laine courte pour les lainages fins, et on la file comme le coton par la *Jeannette*.

Le premier procédé pour ce filage consiste à soumettre la laine à l'action de l'urine, et à la rincer plusieurs fois à l'eau claire, ce qui la met en état d'être cardée. La machine à carder pour faire de fine laine courte est construite avec un seul grand cylindre, ayant, au lieu de cardes supérieures employées dans le métier à la jeannette, de nombreux petits rouleaux travaillant sur sa surface supérieure; cet appareil remplace la machine à diviser. La laine passe d'un grand cylindre à un déchargeur, et après avoir été peignée et déchargée, elle est portée à une autre machine dite *cardeuse*, qui achève de la carder, et la décharge en forme de rouleau par le moyen de cylindres d'acajou cannelés comme dans les métiers à la jeannette. Si le fil de laine est trop gros, tel par exemple que celui qu'on emploie pour les gros draps, il faut le carder davantage.

Le grand cylindre, dit la *poitrine*, avec ses rouleaux supérieurs, délivre la laine au second grand cylindre, qui, avec ses rouleaux supérieurs, forme la première partie: celui-ci délivre la laine à un petit cylindre intermédiaire, nommé *déchargeur*, qui la porte au troisième grand cylindre, lequel, avec ses rouleaux supérieurs, forme la seconde partie; la laine passe de là au

dernier cylindre déchargeur, d'où elle est peignée par un peigne placé à la partie supérieure, et enfin emportée à bras sur la machine à carder.

La machine à carder est semblable à la précédente, excepté qu'elle n'a pas le cylindre appelé la *poitrine*, et qu'elle est couverte de cardes fines : son dernier déchargeur délivre la laine à un cylindre d'acajou cannelé, d'où elle sort propre à être filée.

L'opération du cardage continu, telle qu'elle est décrite au filage du coton à la mule, a été, dit-on, appliquée à la laine dans quelques manufactures, mais les avantages qu'elle procure ne sont pas assez grands pour la faire adopter généralement.

Les boudins sont filés et étendus à la main, comme on l'a décrit ci-dessus. Cependant on n'emploie pas les procédés de doubler et de tirer, puisque la finesse du fil n'est pas ce que l'on recherche.

Les machines employées à carder la laine sont ordinairement plus grandes que celles pour carder le coton ; elles ont souvent 1<sup>m</sup>80 de large. Pendant le cardage on asperge copieusement la laine avec de l'huile de navette.

FIN DU PREMIER VOLUME.

# TABLE DES MATIÈRES

## CONTENUES DANS LE PREMIER VOLUME.

Pages	Pages
AVERTISSEMENT DE LA NOUVELLE TRA- DUCTION. . . . .	Ouvrages d'hommes aidés de machines. . . . . 42
I	Force des chevaux. . . . . <i>id.</i>
PRÉFACE DE L'AUTEUR ANGLAIS. . . . . VII	Ouvrage des mulets. . . . . 43
EXPLICATION DU FRONTISPICE. . . . . XI	DES MOULINS A EAU. . . . . 49
DE L'ACTION DES FORCES. . . . . 1	Roues en dessous. . . . . 50
Du frottement. . . . . 4	Roue hydraulique de Lambert. . . . . 55
DES MACHINES SIMPLES. . . . . 5	De la roue en dessus. . . . . 57
Levier. . . . . <i>id.</i>	Roues en dessus sans arbre, dites de <i>Burns</i> . . . . . 64
La roue et son axe ou essieu. . . . . 8	Chaîne de sceaux. . . . . 65
Poulie. . . . . <i>id.</i>	Roues de côté. . . . . 66
Plan incliné. . . . . 9	Roue de côté perfectionnée, dans laquelle l'eau coule par-dessus la vanne. . . . . 68
Coin. . . . . 10	Roue de côté avec deux vannes. . . . . 69
Vis. . . . . <i>id.</i>	MOULIN DU DOCTEUR BACKER. . . . . 70
Centre de gravité. . . . . 11	MOULINS A MARÉE. . . . . 72
Combinaisons élémentaires des machines simples. . . . . 12	CONSTRUCTION DU COURSIER DE LA ROUE ET DU CANAL D'ALIMENTATION. . . . . 79
DES ROUES D'ENGRÉNAGE DANS LES MOU- LINS.—Définitions . . . . . 16	ÉTABLISSEMENT DES CANAUX ET DES DIGUES. 81
De la cycloïde et de l'épicycloïde. . . . . 17	Canal avec flotteur pour régler la sortie de l'eau. . . . . 83
Dents des roues. . . . . 18	Canal employé par M. Smeaton pour conduire l'eau sur les roues. . . . . 84
Des assemblages. . . . . 23	Régulateur d'écluse, servant à distribuer l'eau régulièrement sur des roues d'eau de toutes sortes. . . . . 86
Des moyens de mettre en train et d'arrêter le mouvement d'un mécanisme. . . . . 25	Règle de M. Ferguson pour la construc- tion des roues en dessous. . . . . 87
De la manière de régulariser le mouve- ment des machines. . . . . 27	Table du docteur Brewster à l'usage du constructeur de moulins. . . . . 91
Observations générales. . . . . 33	TRAITÉS SUR LE MÉCANISME DES MOULINS. <i>id.</i>
DE LA FORCE ANIMALE. . . . . 40	
Tables comparatives des forces mécani- ques. . . . . <i>id.</i>	
Force immédiate des hommes sans dé- duction pour le frottement. . . . . 41	

## TABLE DES MATIÈRES.

	Pages		Pages
Moulin à vent. . . . .	94	Machine à rotation. . . . .	167
Moulin à vent vertical. . . . .	<i>id.</i>	Machines à haute pression. . . . .	168
Moulin à poteau. . . . .	<i>id.</i>	Observations sur les machines à vapeur de Cornouailles. . . . .	170
Moulin à voile latine. . . . .	95	Vide de Brown, ou machine pneuma- tique. . . . .	176
Règles pour faire les ailes des moulins à vent. . . . .	100	DE LA RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. . . . .	178
Méthode pour placer et retirer les voiles pendant leur mouvement. . . . .	102	MACHINES HYDRAULIQUES. . . . .	189
Ailes du moulin à vent vertical de M. Barnès. . . . .	104	Pompes. . . . .	212
Méthode de Cubitt pour rendre uniforme le mouvement des ailes des moulins à vent. . . . .	105	Pompes à incendie. . . . .	238
Moulin avec huit ailes quadrangulaires. . . . .	107	MACHINES EMPLOYÉES DANS LES ARTS.—Du cric. . . . .	244
Des moulins à vent à ailes horizontales. . . . .	110	Des grues. . . . .	245
Moulin à farine. . . . .	114	Des presses. . . . .	251
Des meules de moulin. . . . .	115	Presse de Bramah pour les billets de banque. . . . .	265
Tables de Fenwick. . . . .	121	Sonnettes, ou machine à enfoncer les pilotis. . . . .	268
Moulin et blutoir à bras, dit <i>de ménage</i> . . . . .	124	Machine à alléser. . . . .	270
Moulin à bras. . . . .	126	Machine à couper des fils de métaux. . . . .	273
Moulin à pied. . . . .	<i>id.</i>	Machine à diviser de Ramsden. . . . .	274
Moulin à pétrir. . . . .	127	Tour et appareils à tourner. . . . .	281
DES MACHINES A VAPEUR. . . . .	128	DES USINES A FER. . . . .	287
Du piston. . . . .	140	Fabriques d'acier. . . . .	296
Communications de mouvement. . . . .	141	Des fileries et des tréfileries. . . . .	300
Du régulateur. . . . .	143	FONDERIES DE PLOMB. . . . .	309
Des chaudières. . . . .	144	FABRIQUE DES MATIÈRES FIBREUSES.—Fa- brique de papier. . . . .	315
Soupape à vapeur régulatrice de M. Woolf. . . . .	165	Manufacture de coton. . . . .	327
Machine à manivelle coudée. . . . .	166	Filatures de laine. . . . .	335
Machine à vapeur à cylindres oscillants. . . . .	167		

FIN DE DE TABLE DU PREMIER VOLUME.

MACHINE A VAPEUR

VUE DE FACE

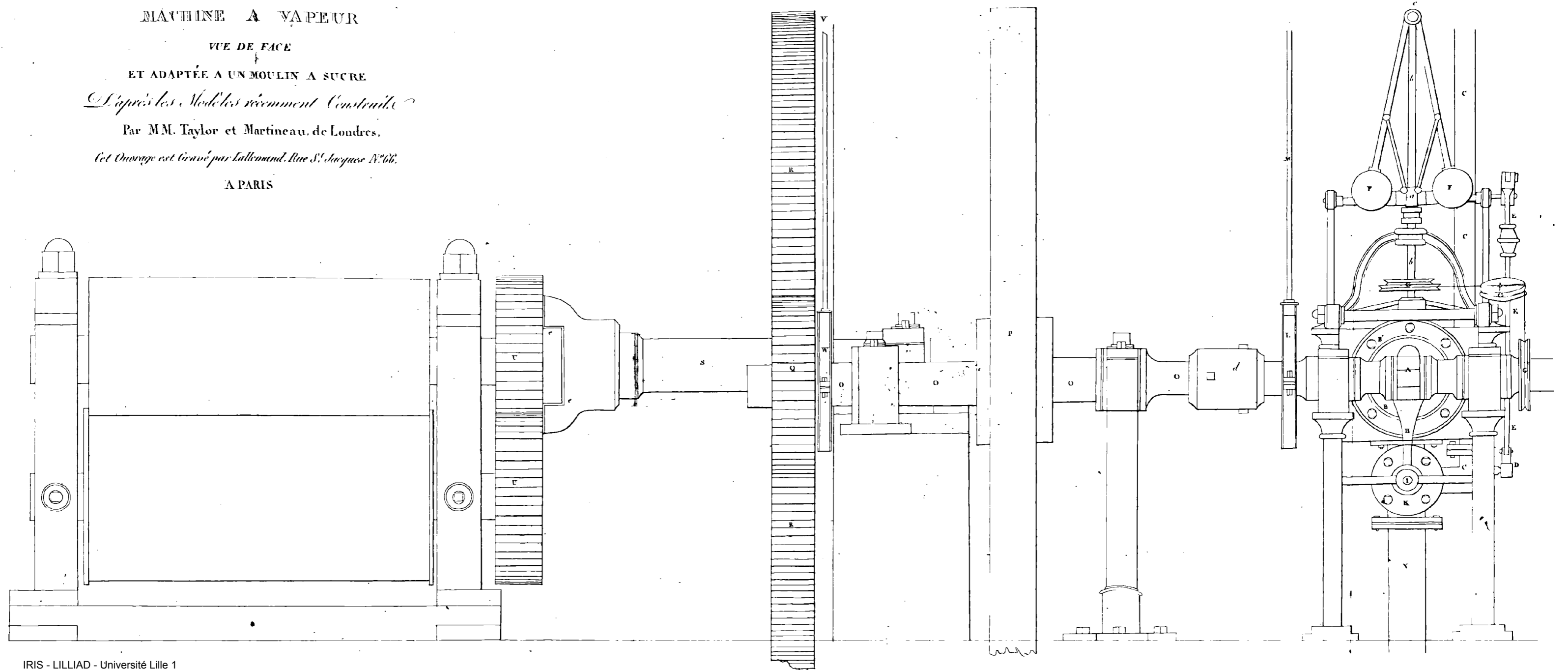
ET ADAPTÉE A UN MOULIN A SUCRE

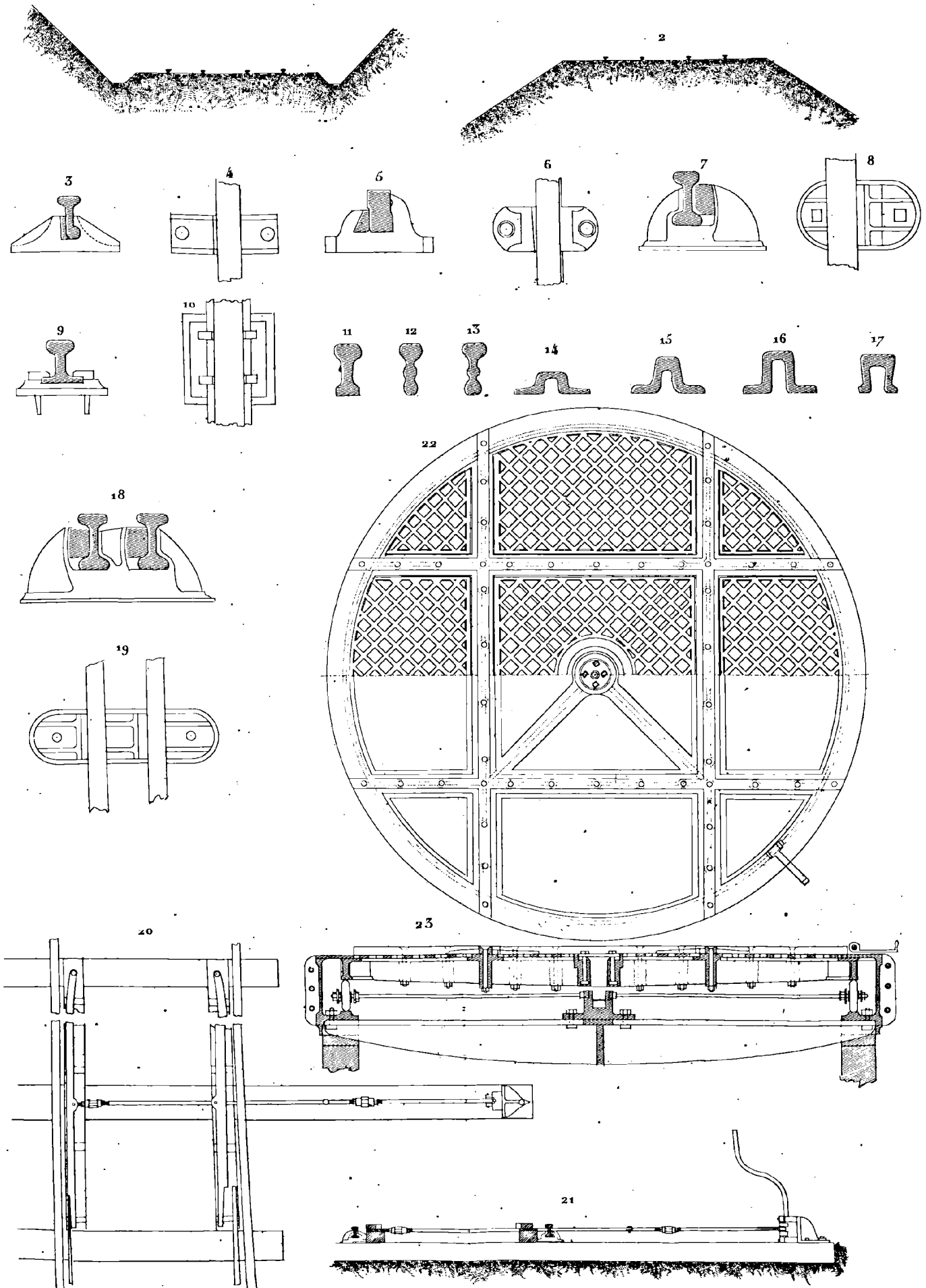
*D'après les Modèles récemment Construits*

Par MM. Taylor et Martineau de Londres.

*Cet Ouvrage est Gravé par Lallemand, Rue St Jacques N.º 66.*

A PARIS

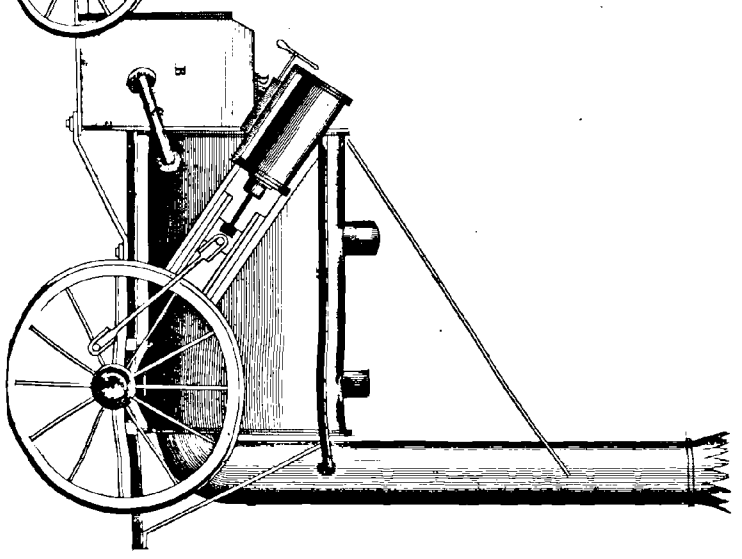
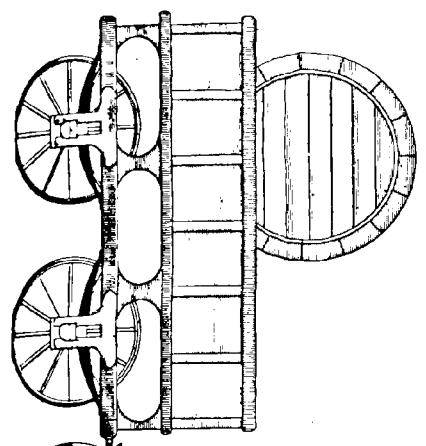
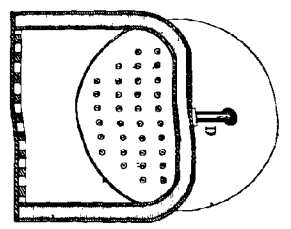
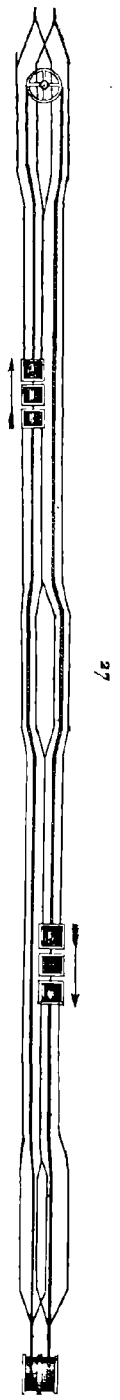
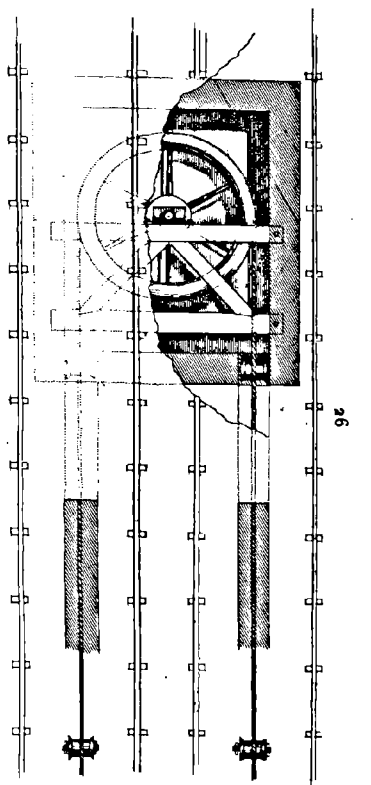
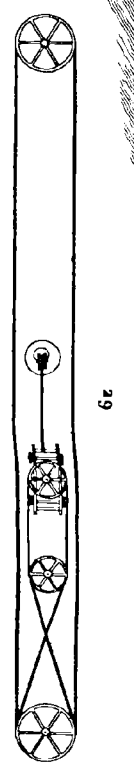
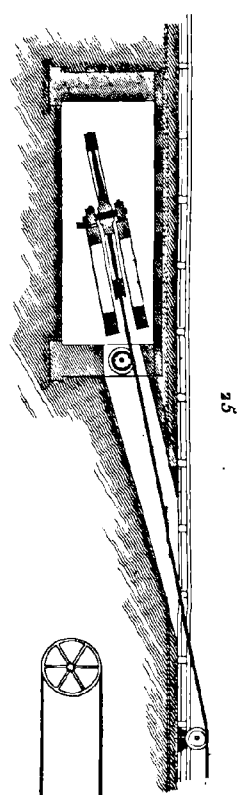
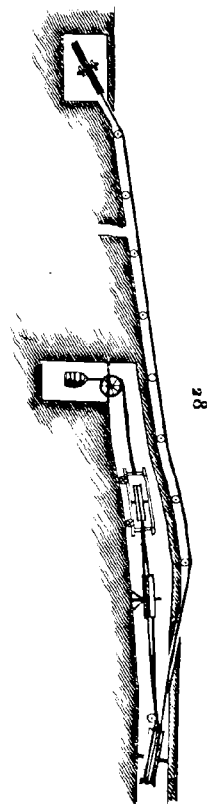
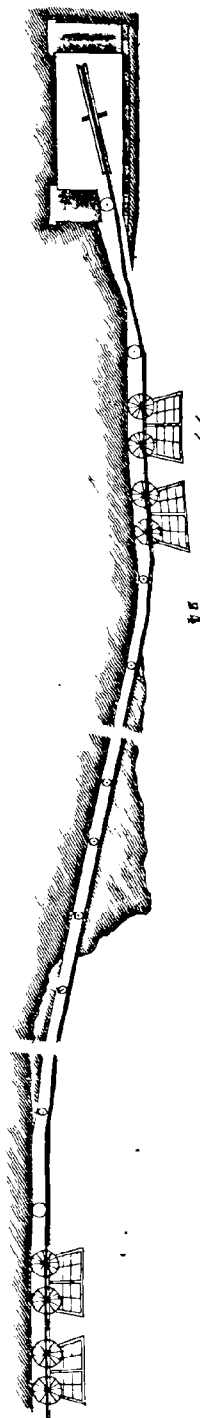




Jenotte sc

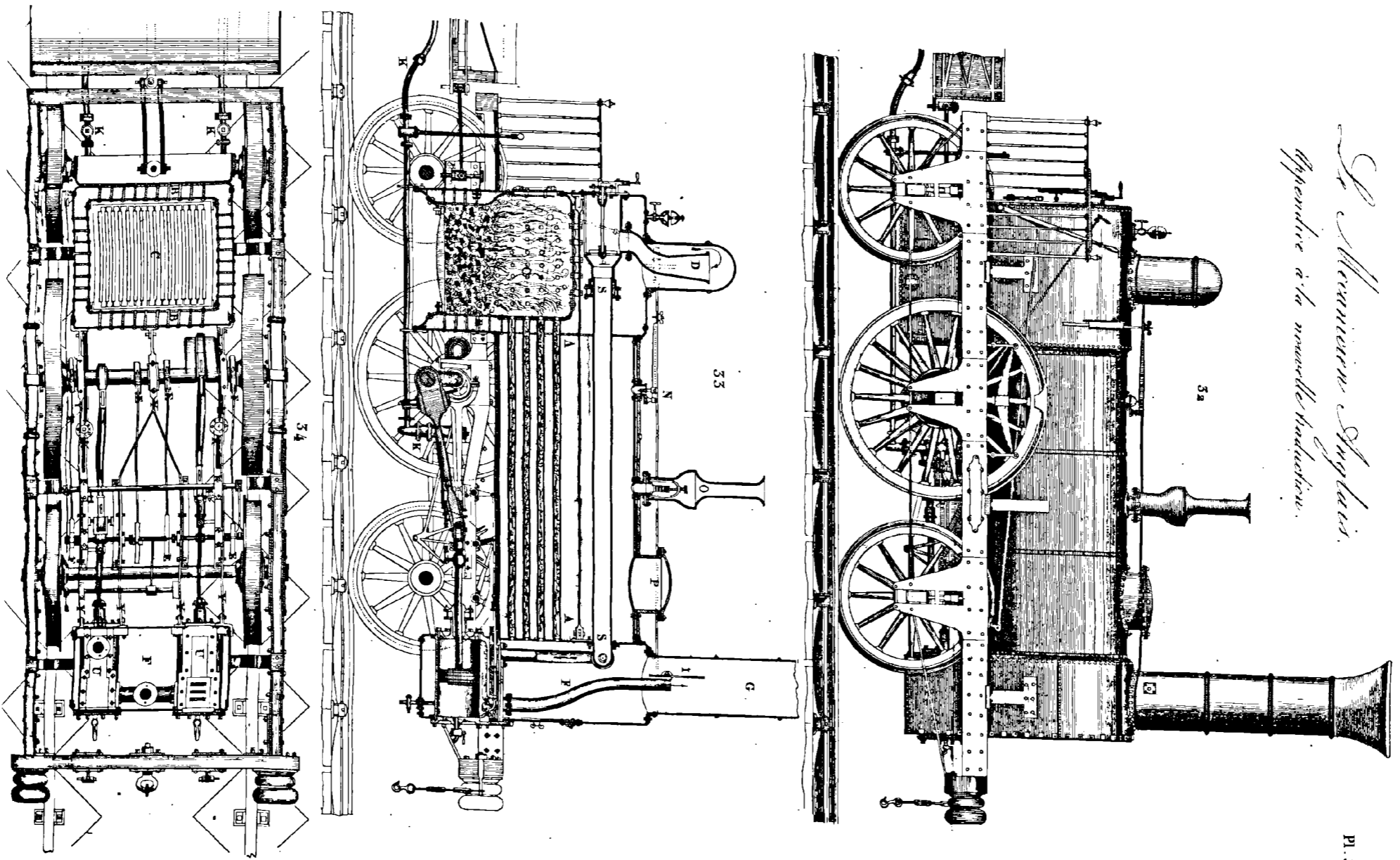
*Le Maccinien, Lybani.*  
*Appendix à la nouvelle traduction.*

Pl. 2.



*De Morrison's Steam  
Apparatus & its mechanical construction.*

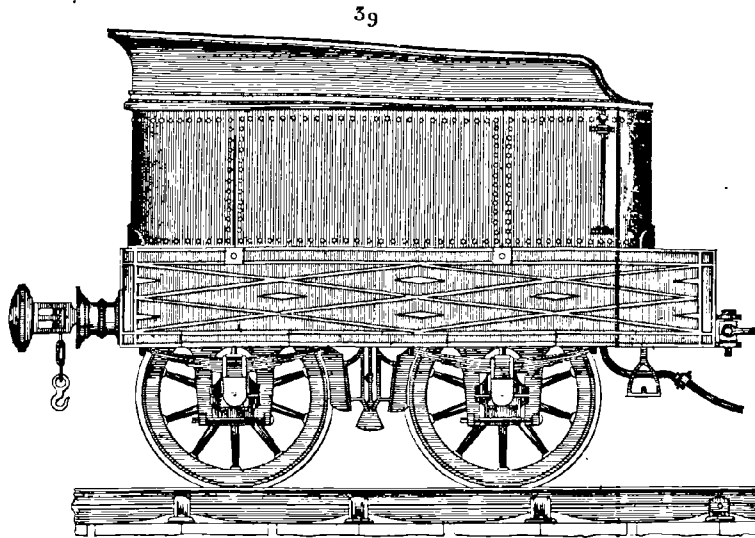
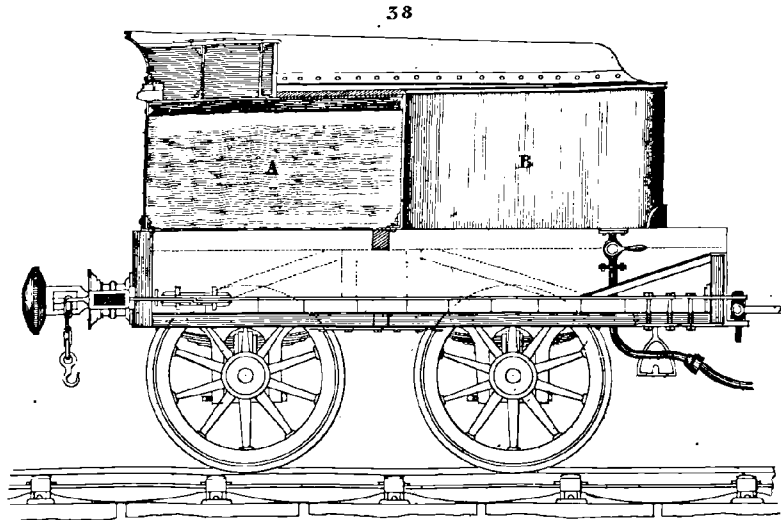
Pl. 3



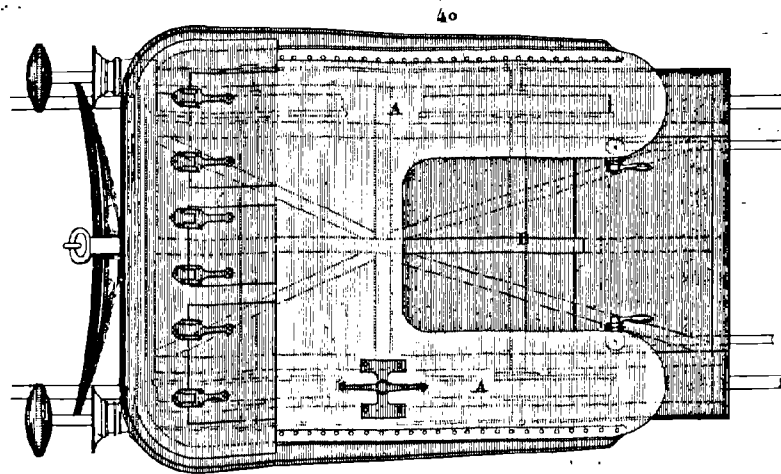
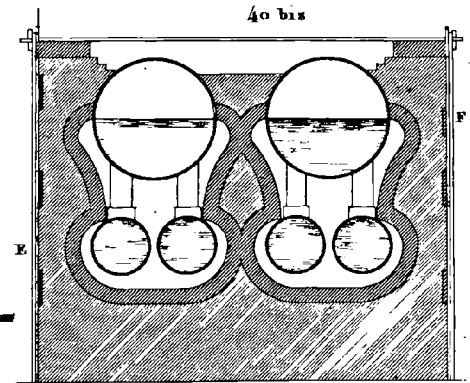


*Le Mécanicien Anglais.*  
*Appendice à la nouvelle traduction.*

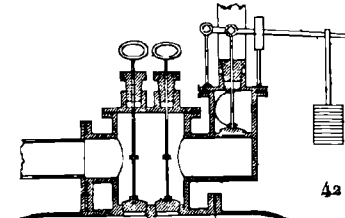
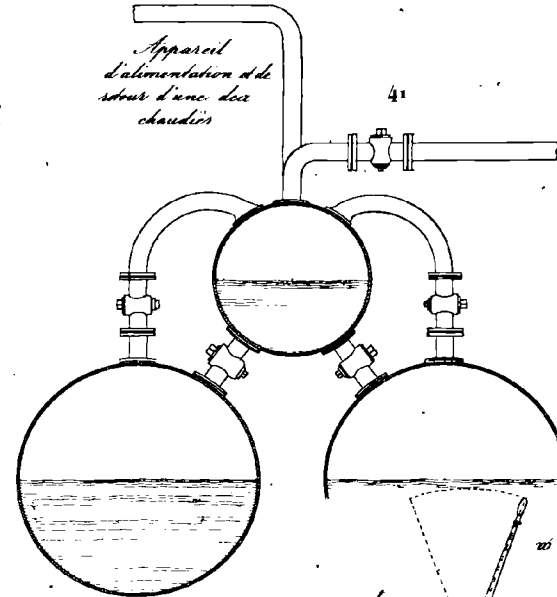
Pl. 4.



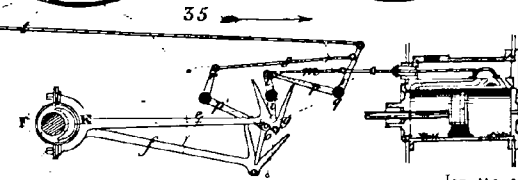
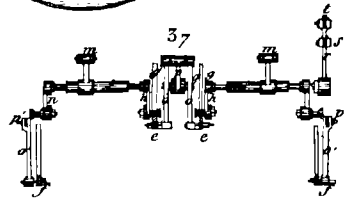
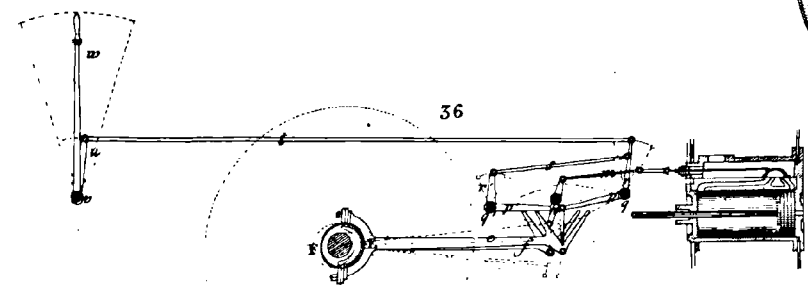
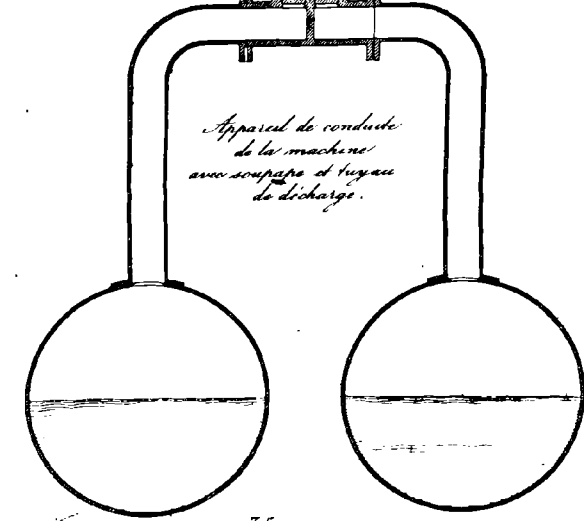
*Coupe verticale suivant CD de Fig. 43.*



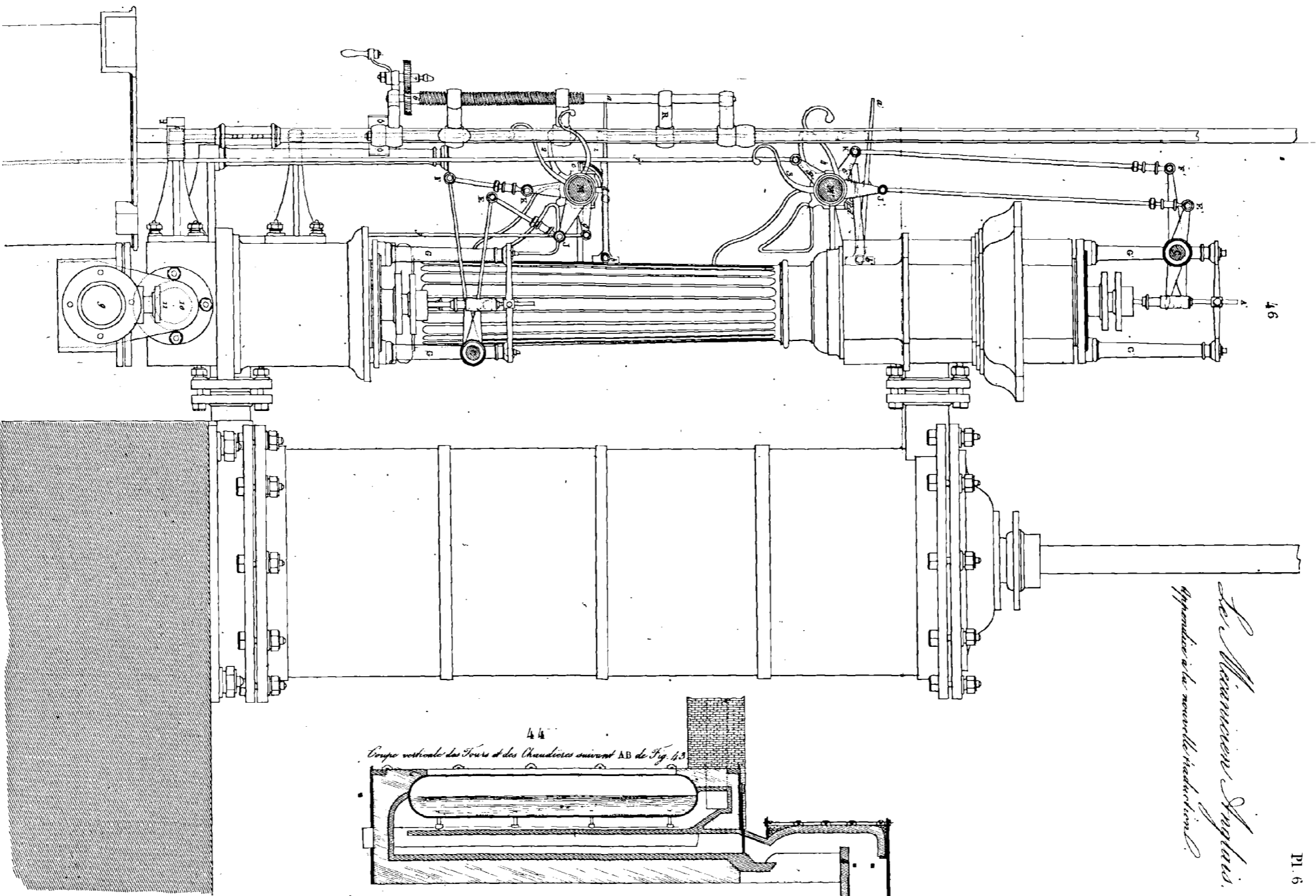
*Appareil d'alimentation et de secours d'une des chaudières*



*Appareil de conduite de la machine avec soupape et tuyau de décharge.*



Jen tte sc

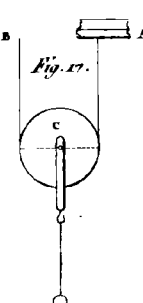
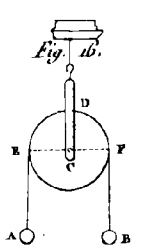
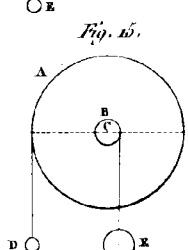
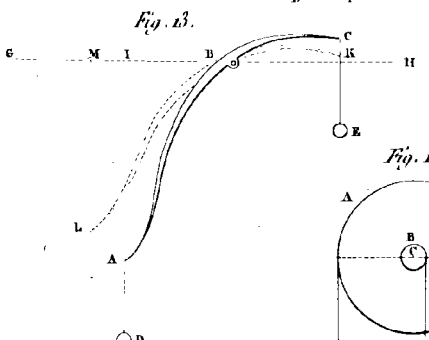
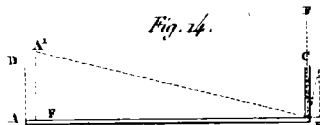
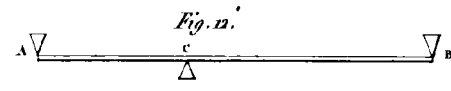
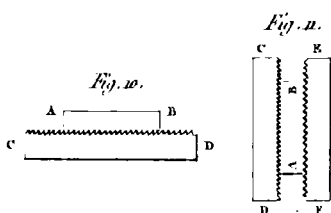
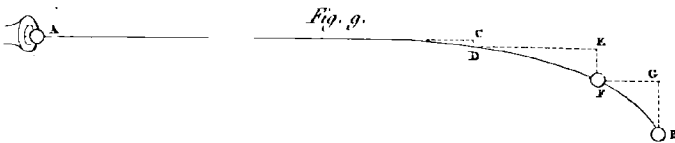
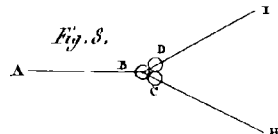
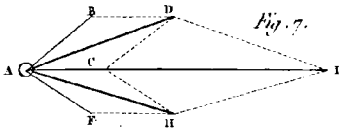
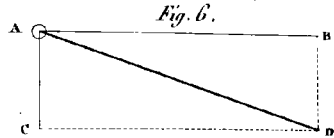
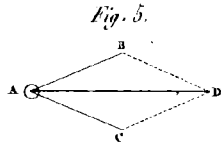
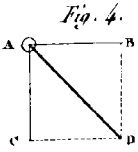
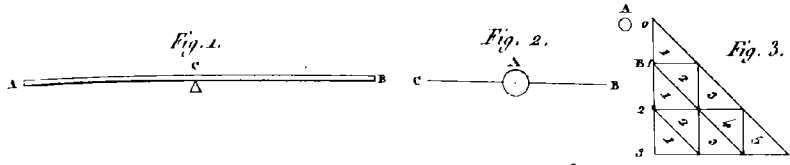


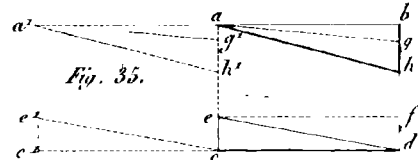
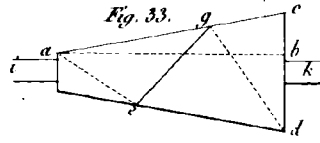
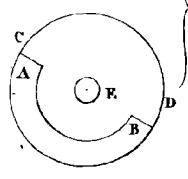
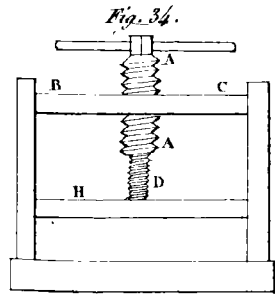
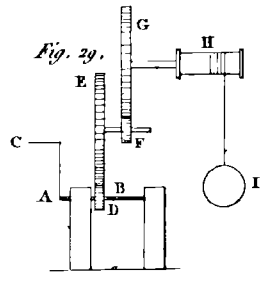
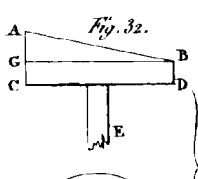
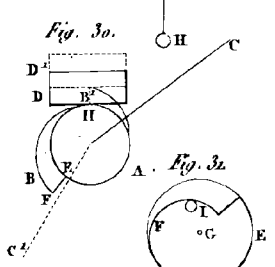
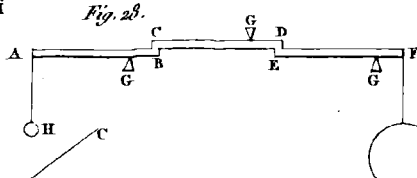
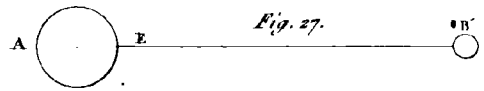
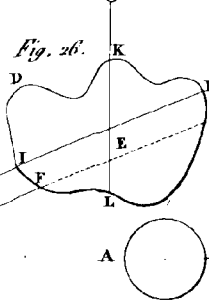
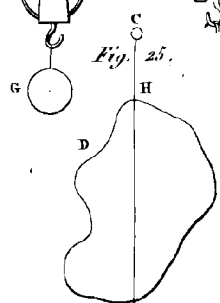
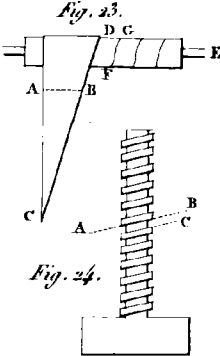
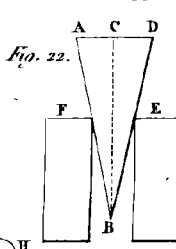
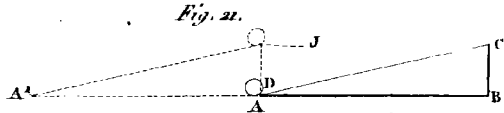
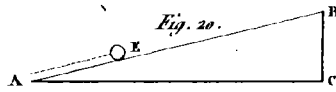
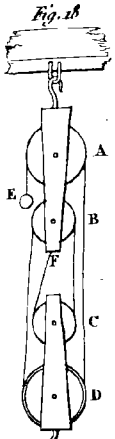
Pl. 6

*For. Mammecan's System.*  
*Appareil à la nouvelle méthode.*

Jenotte sc

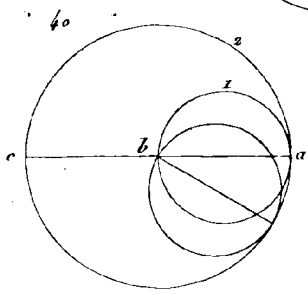
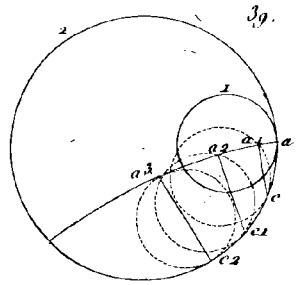
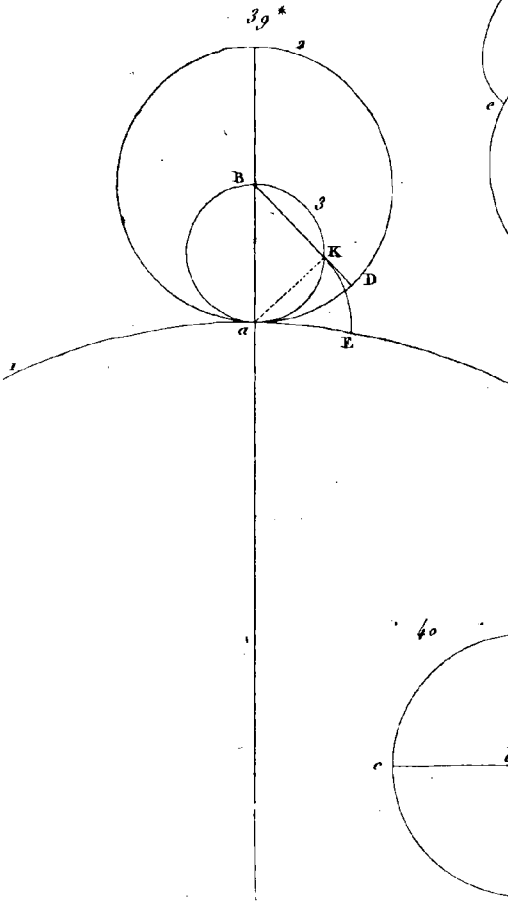
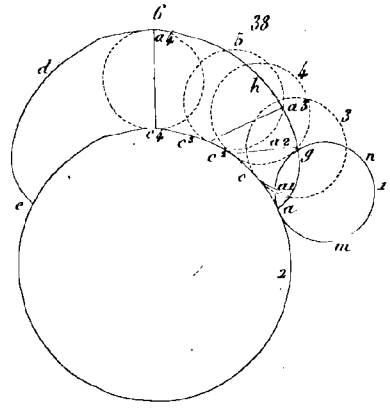
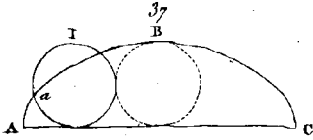
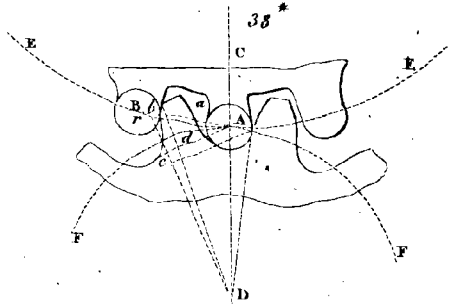
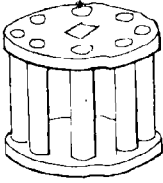


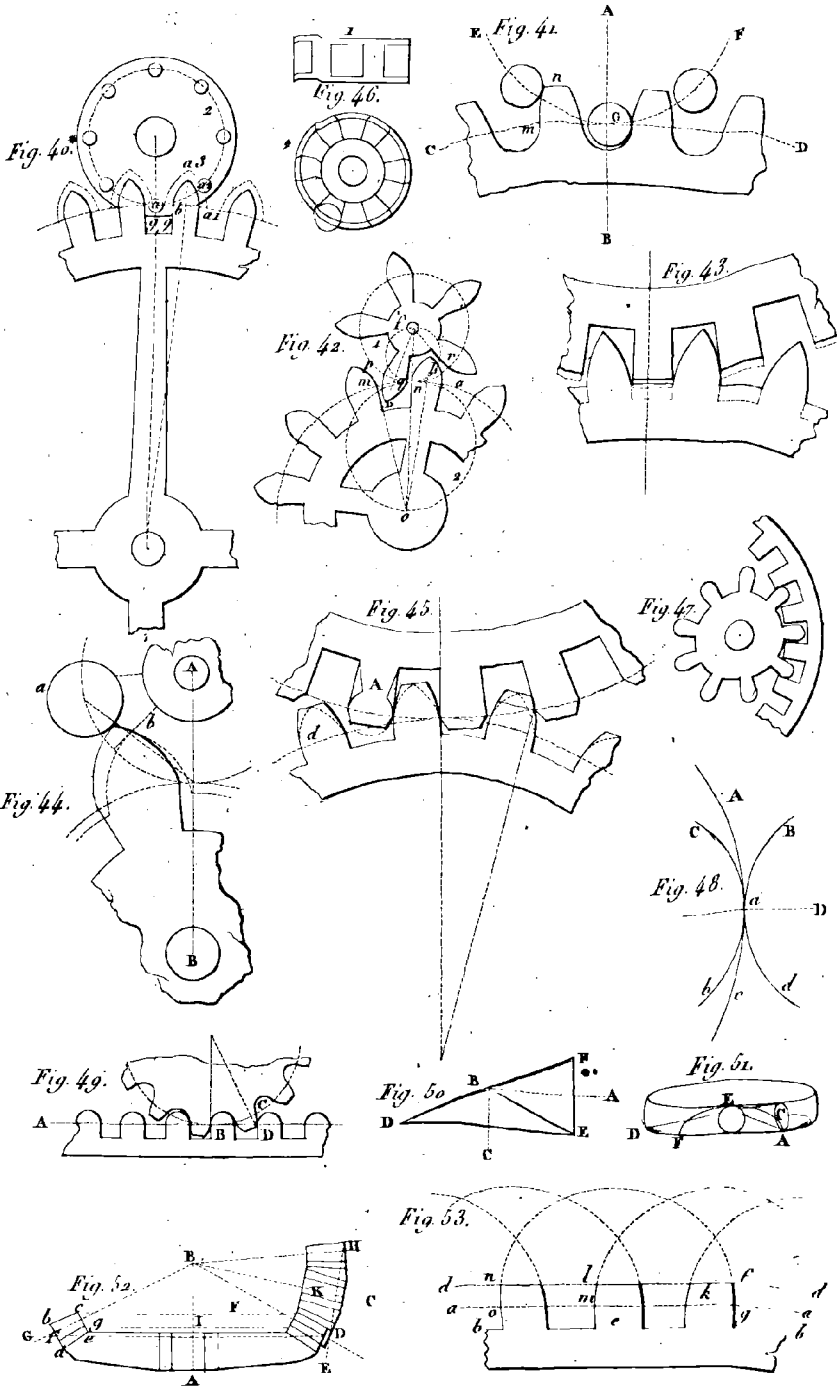




CONSTRUCTION DES MOULURES  
de 36 à 40.

36





CONSTRUCTION DES MOULINS  
de 54. à 69.

Fig. 54.

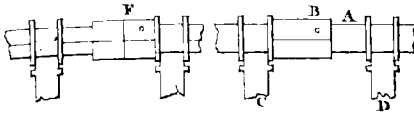


Fig. 55.

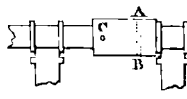


Fig. 56.

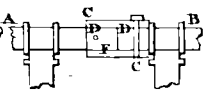


Fig. 57.

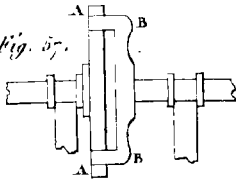


Fig. 58.

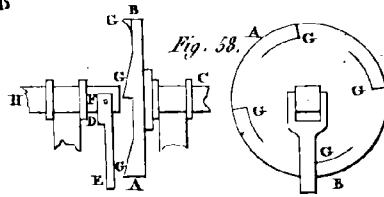


Fig. 59.

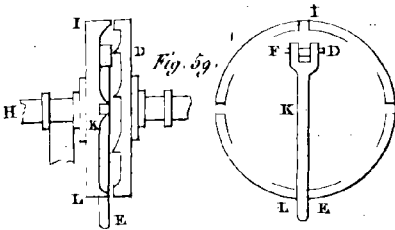


Fig. 61.

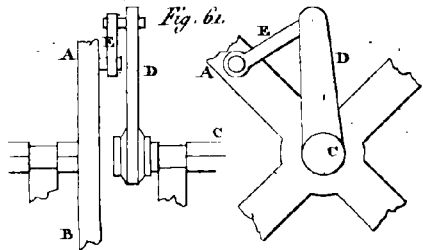


Fig. 62.

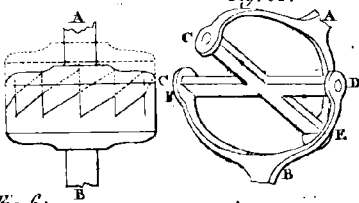


Fig. 66.

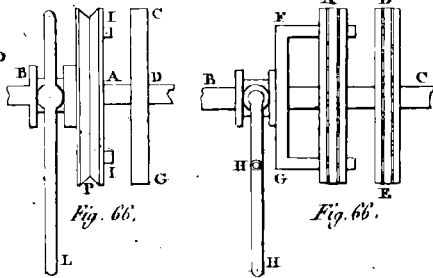


Fig. 60.

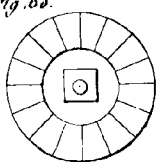


Fig. 63.

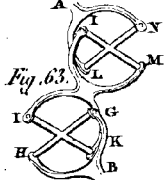


Fig. 69.

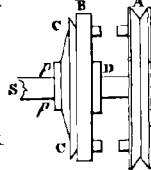


Fig. 65.

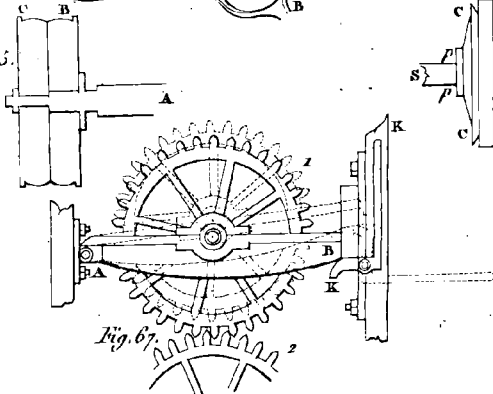
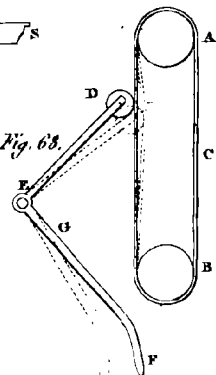


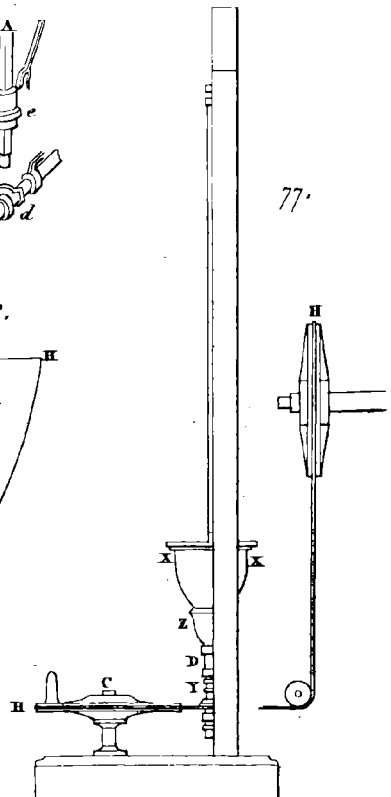
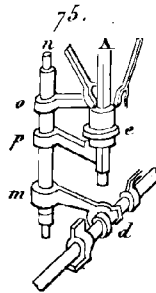
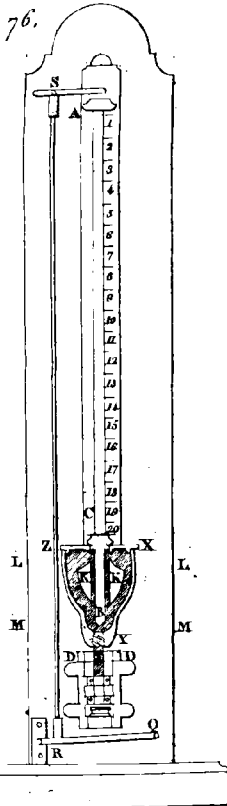
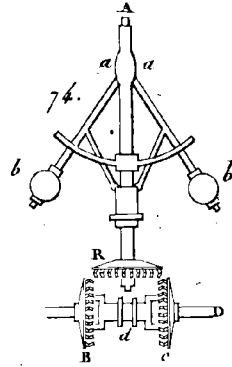
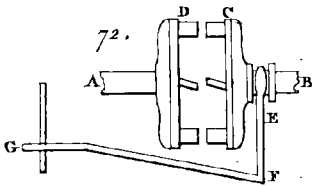
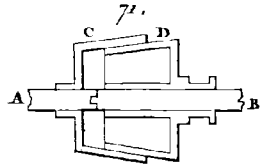
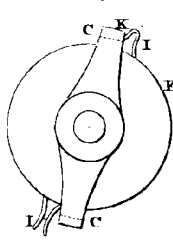
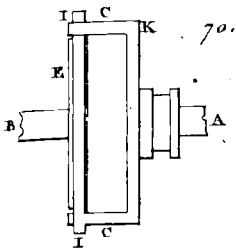
Fig. 68.





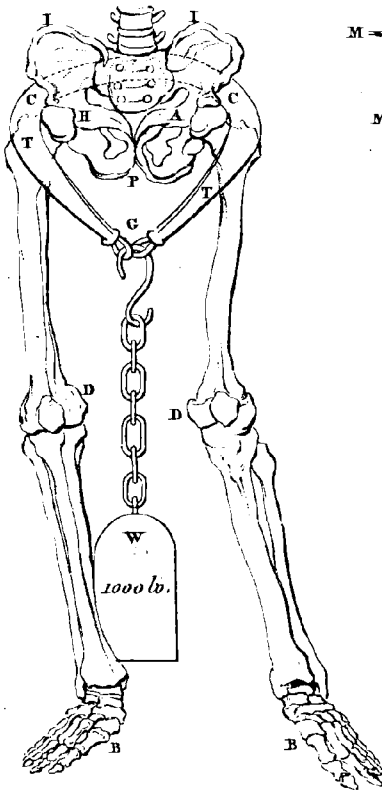
CONSTRUCTION DES MOULINS  
de 70 à 78.

Ll. 0.

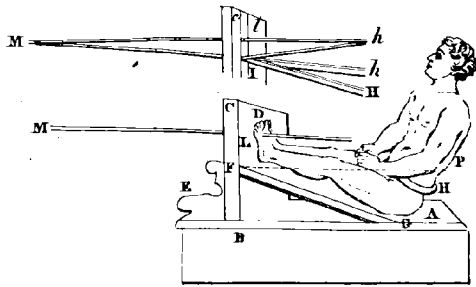


FORCE MANUELLE  
de 79 à 84.

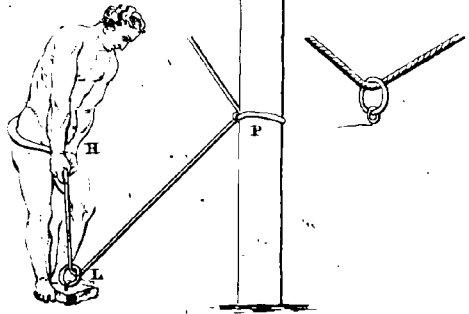
79



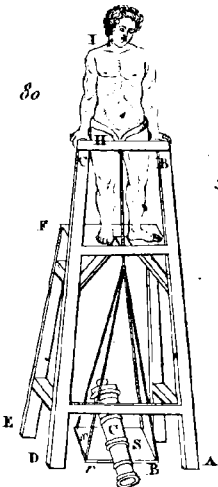
81



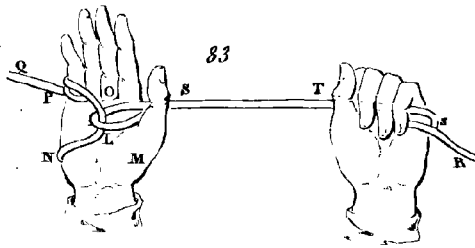
82



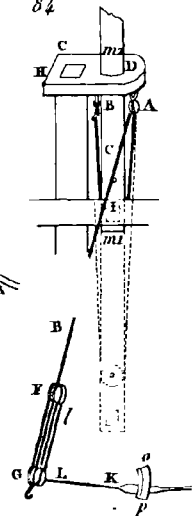
80



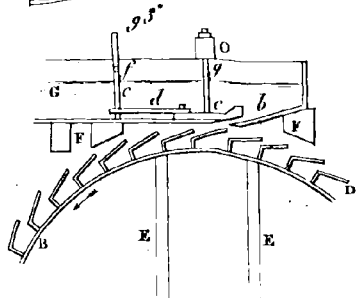
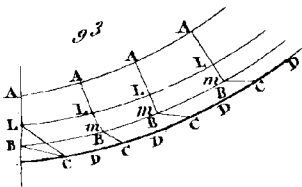
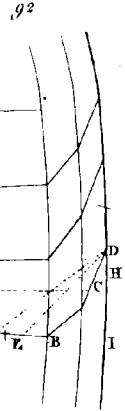
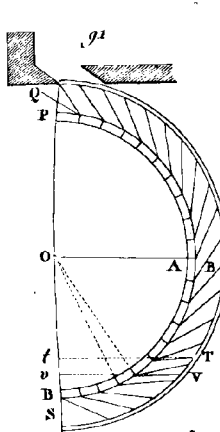
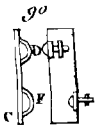
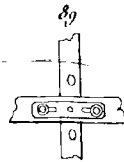
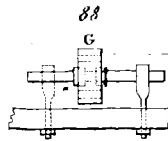
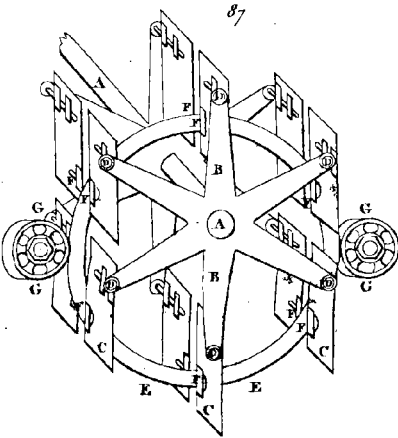
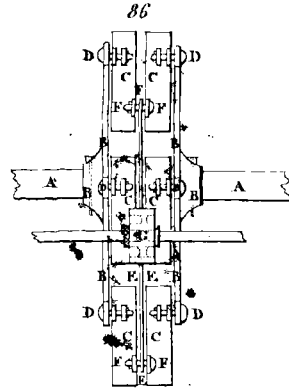
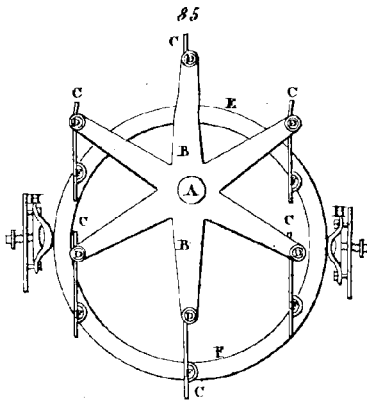
83

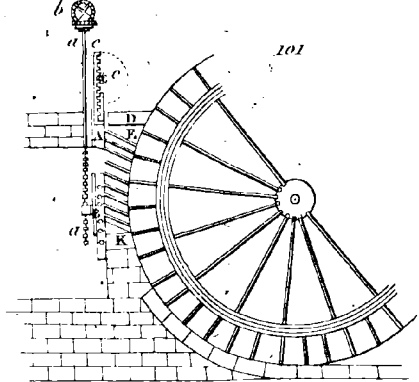
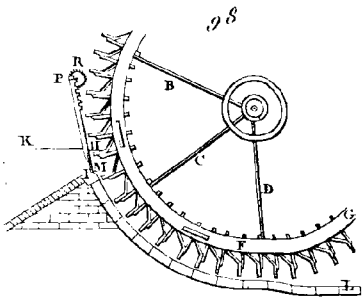
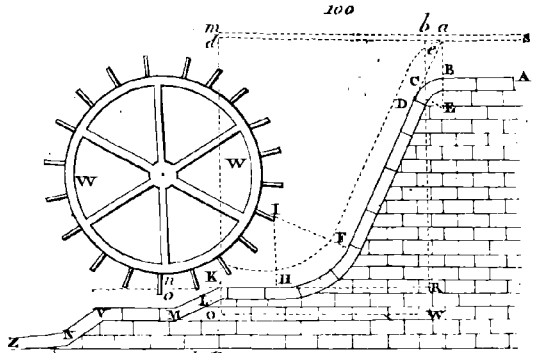
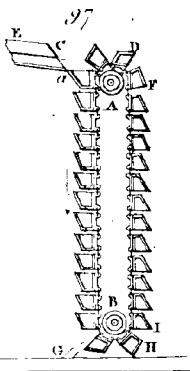
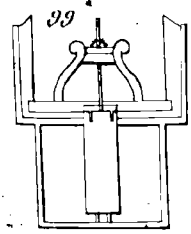
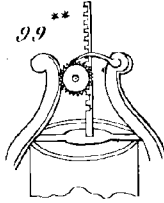
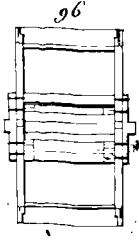
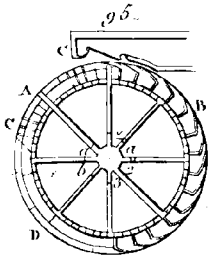
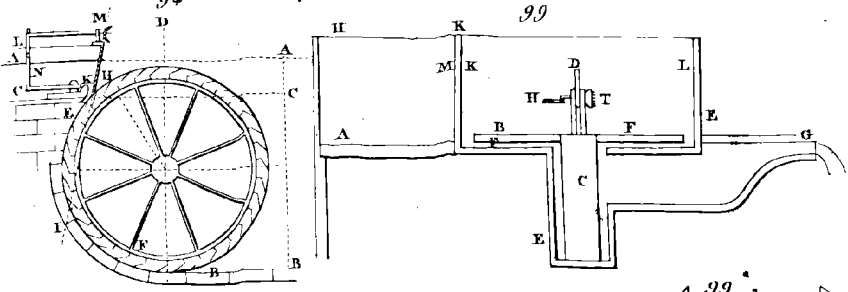


84



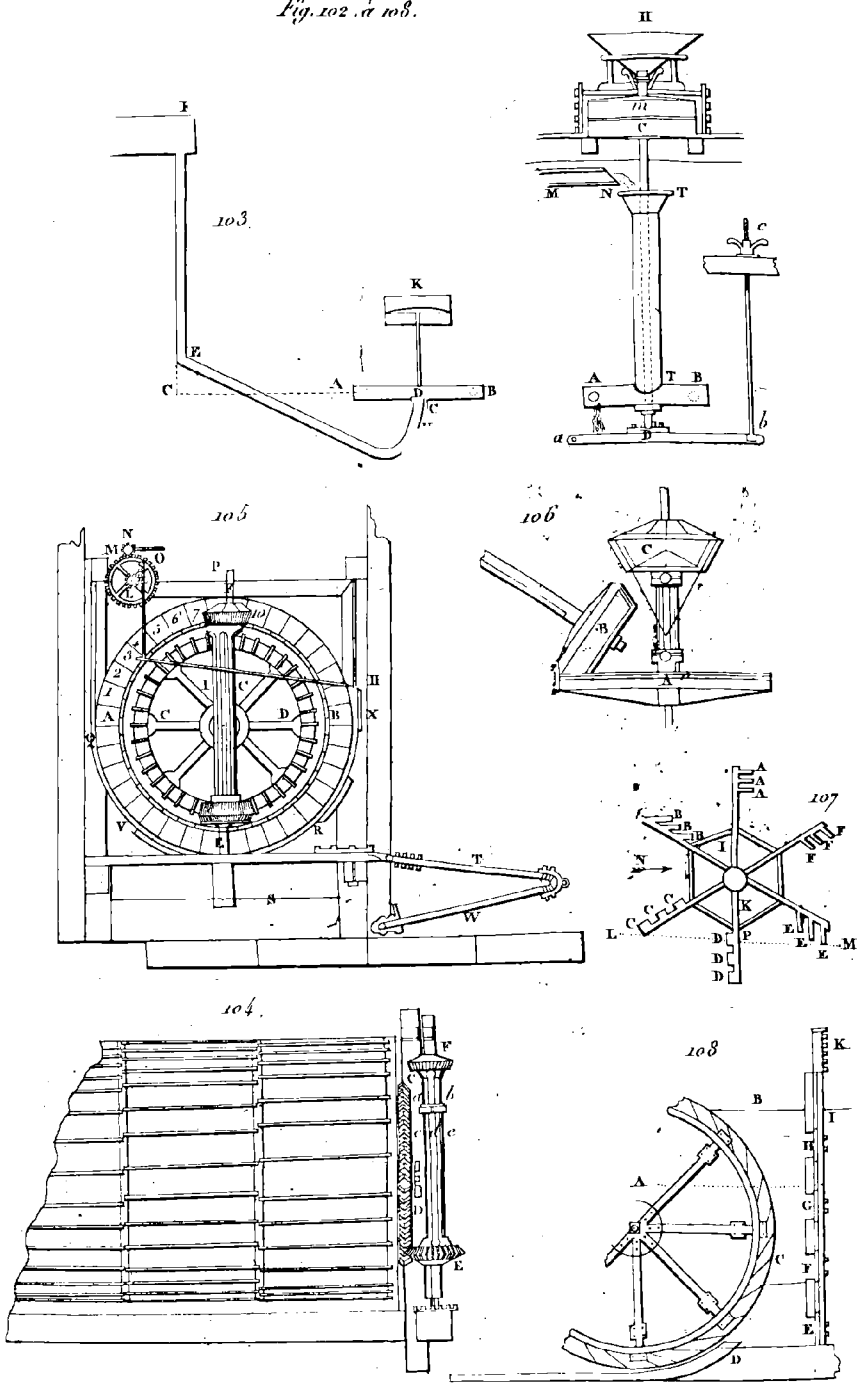
ROULES A BALAN  
de 85 à 93.

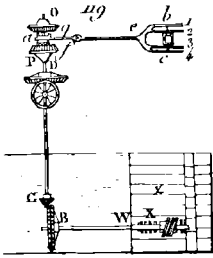
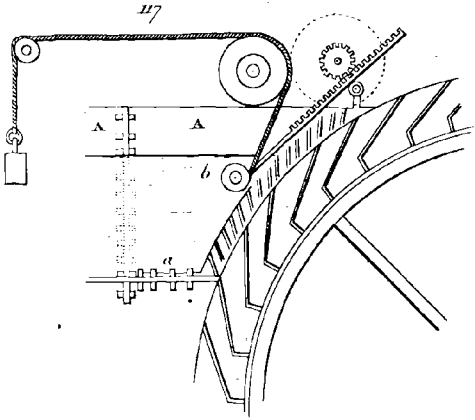
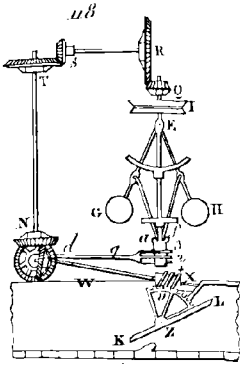




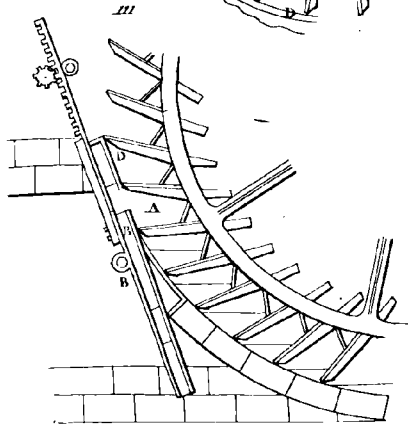
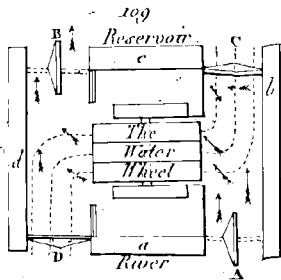
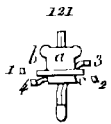
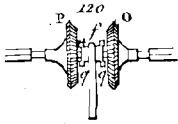
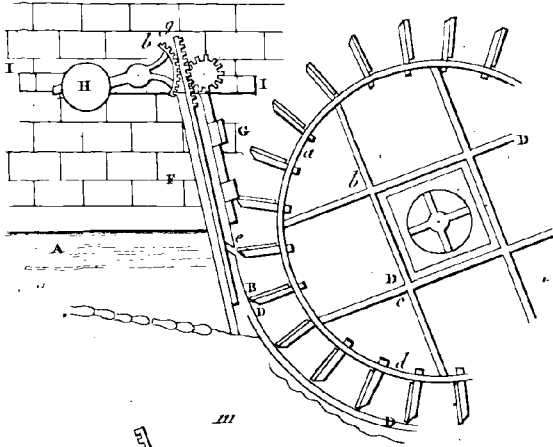
*Pl. 9. 101.*

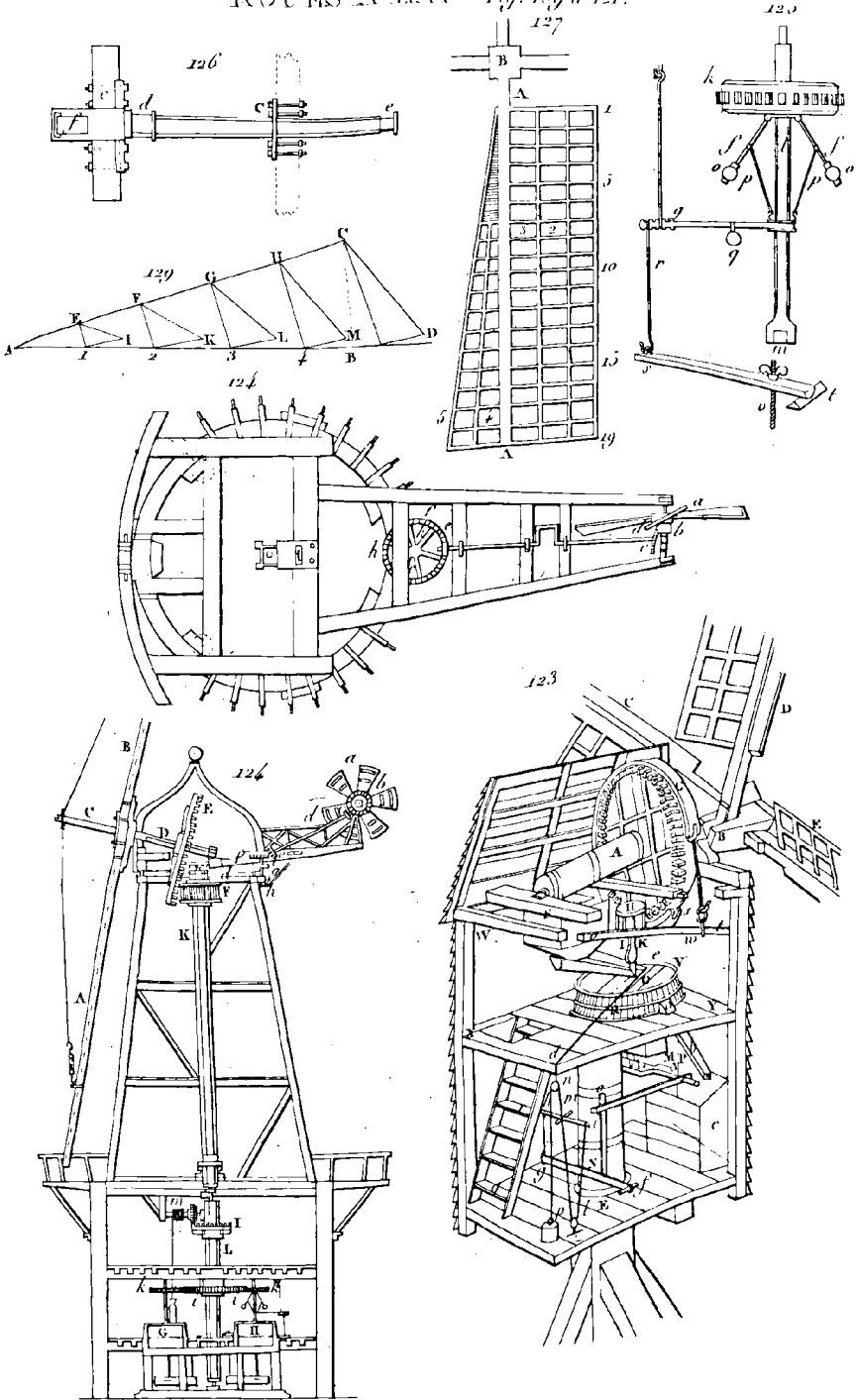
ROUES À EAU  
Fig. 102. à 108.





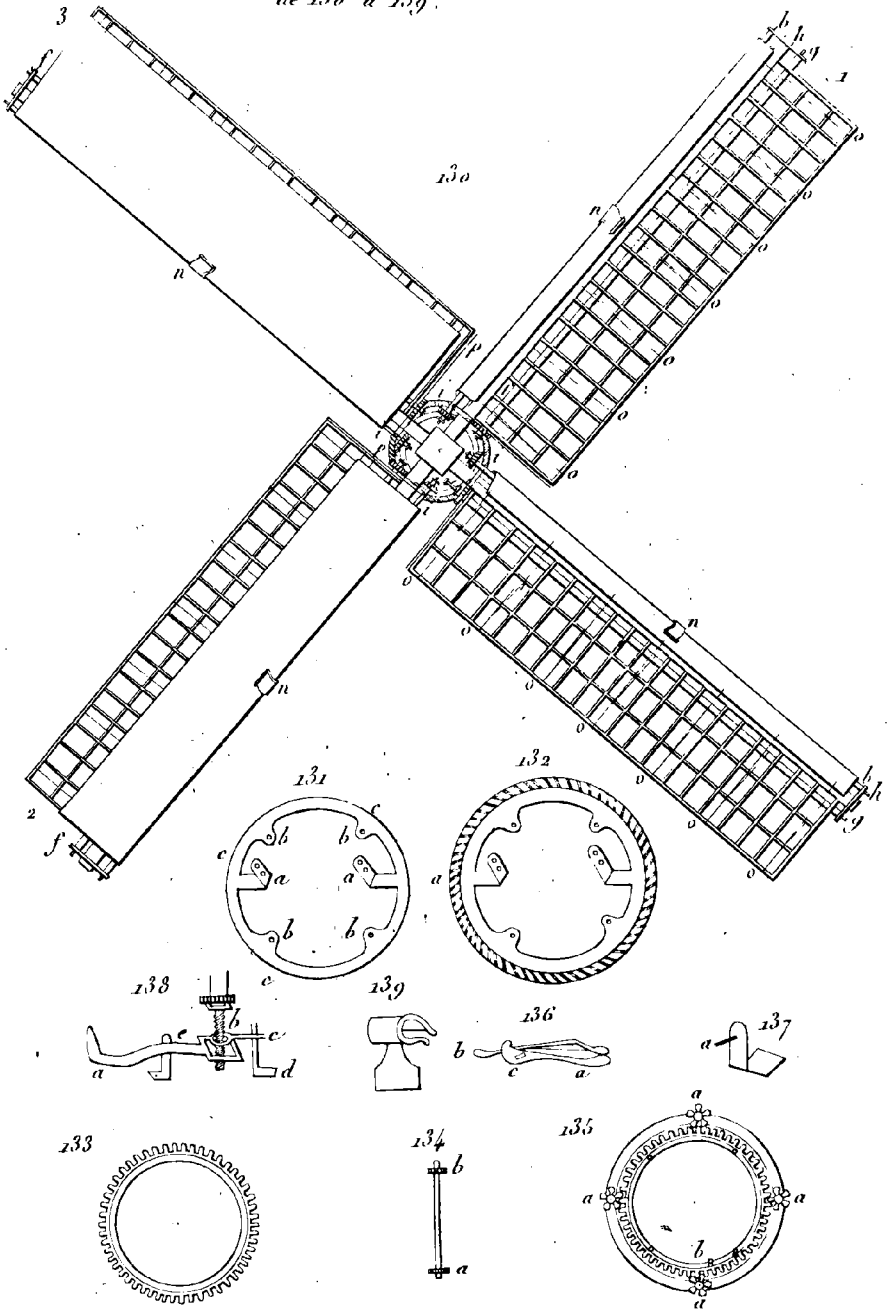
110





# MOULINS À VENT

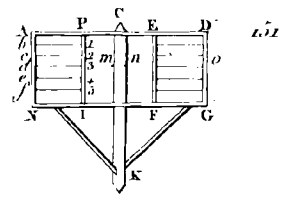
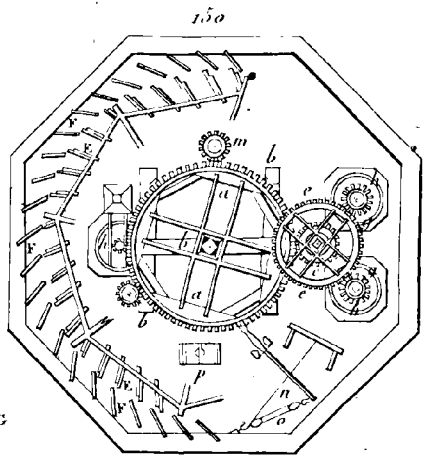
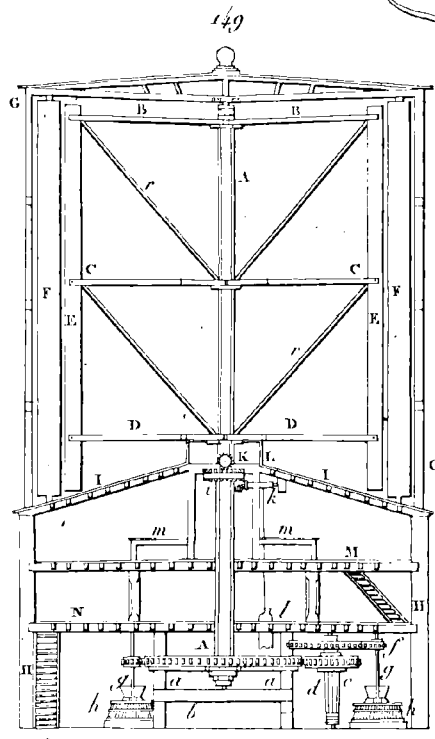
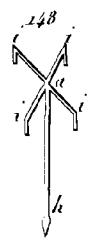
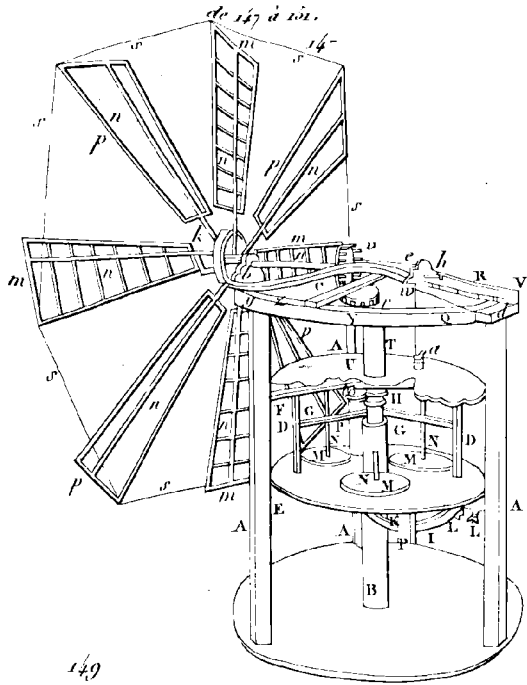
de 130 à 139.



*Plaque de l'Imprimerie*



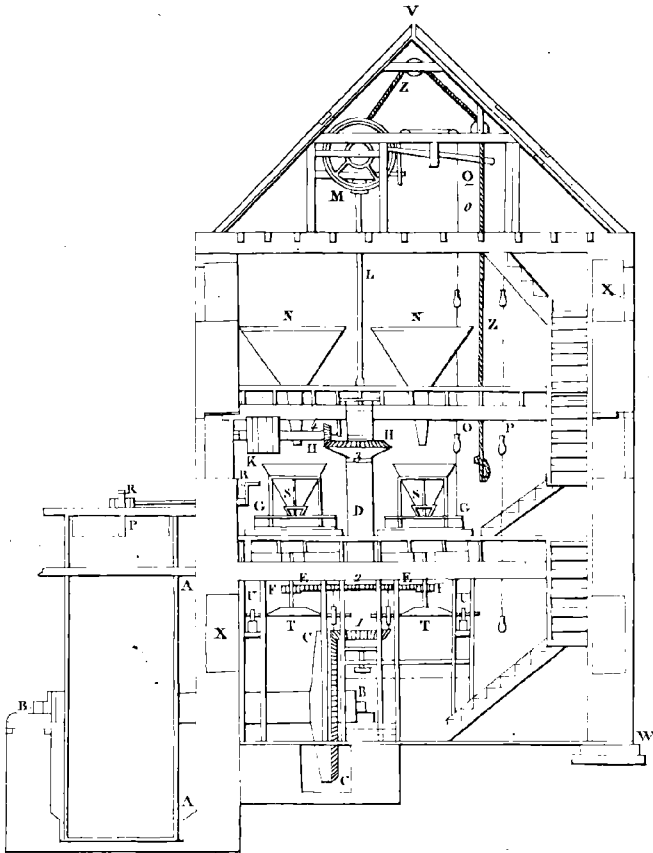




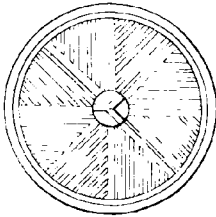
# MOULIN À BLE

de 152 à 154.

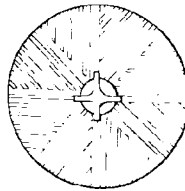
152

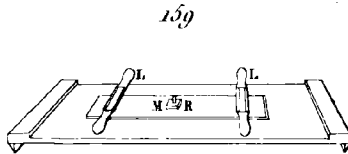
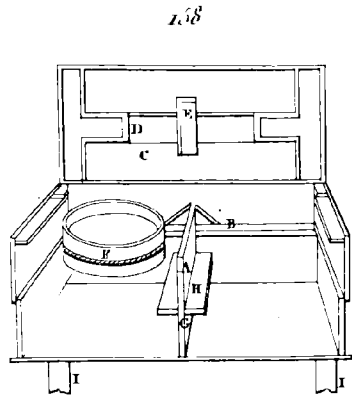
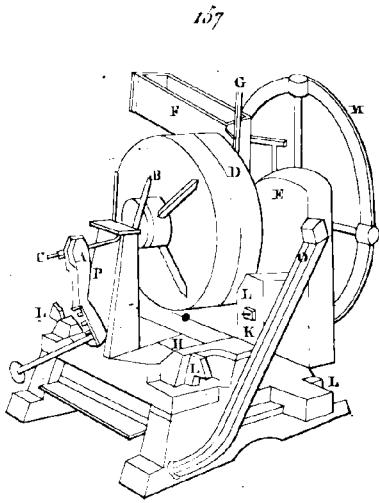
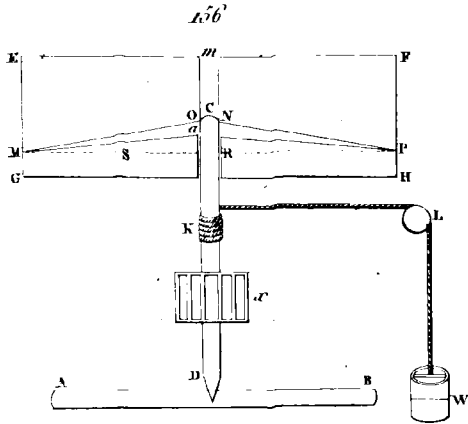


153

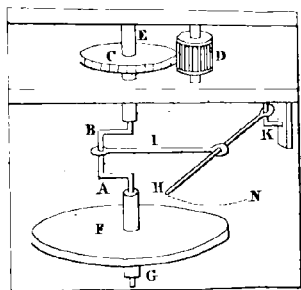


154

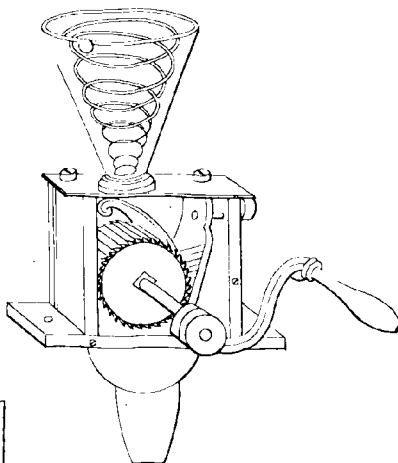




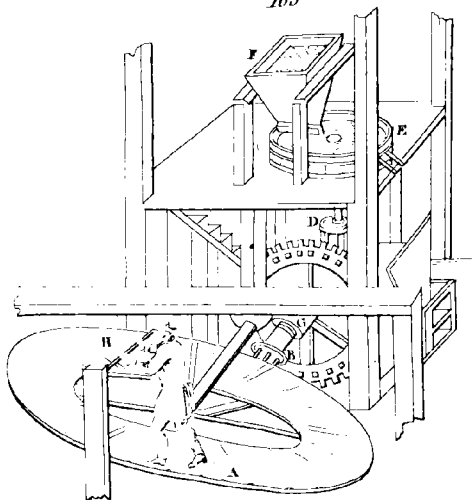
161



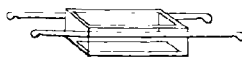
162



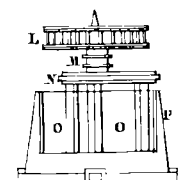
163



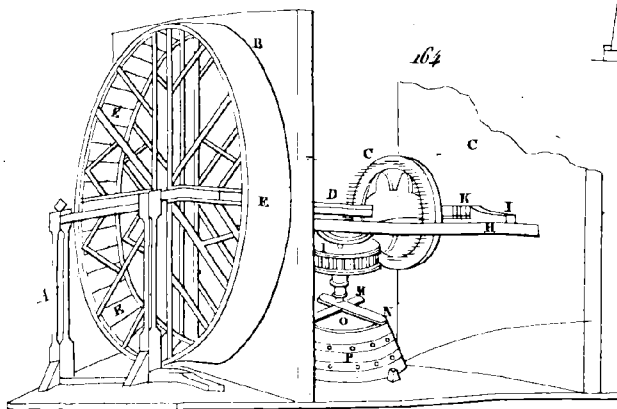
165



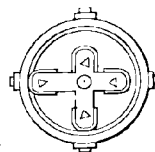
166

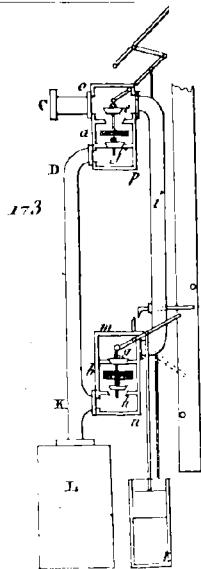
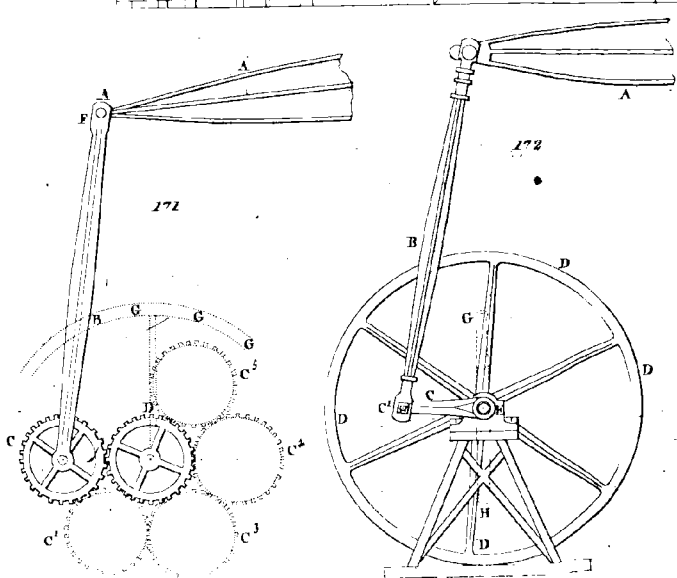
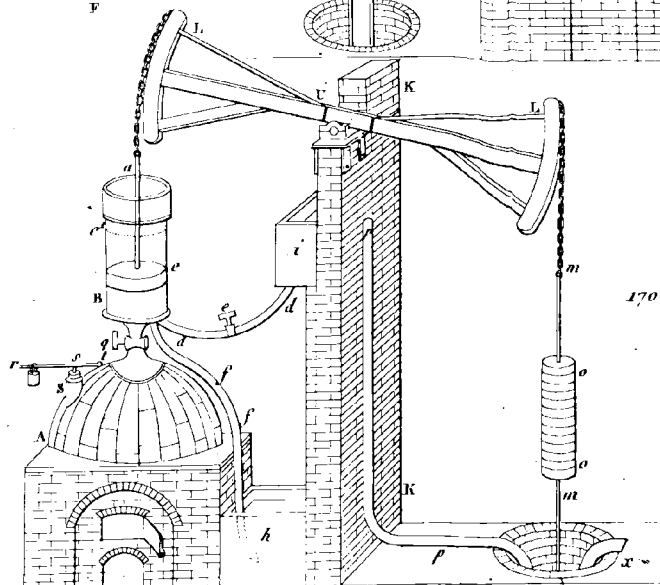
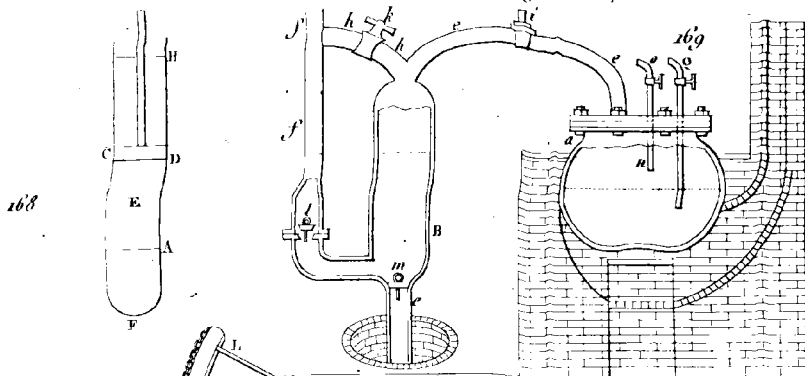


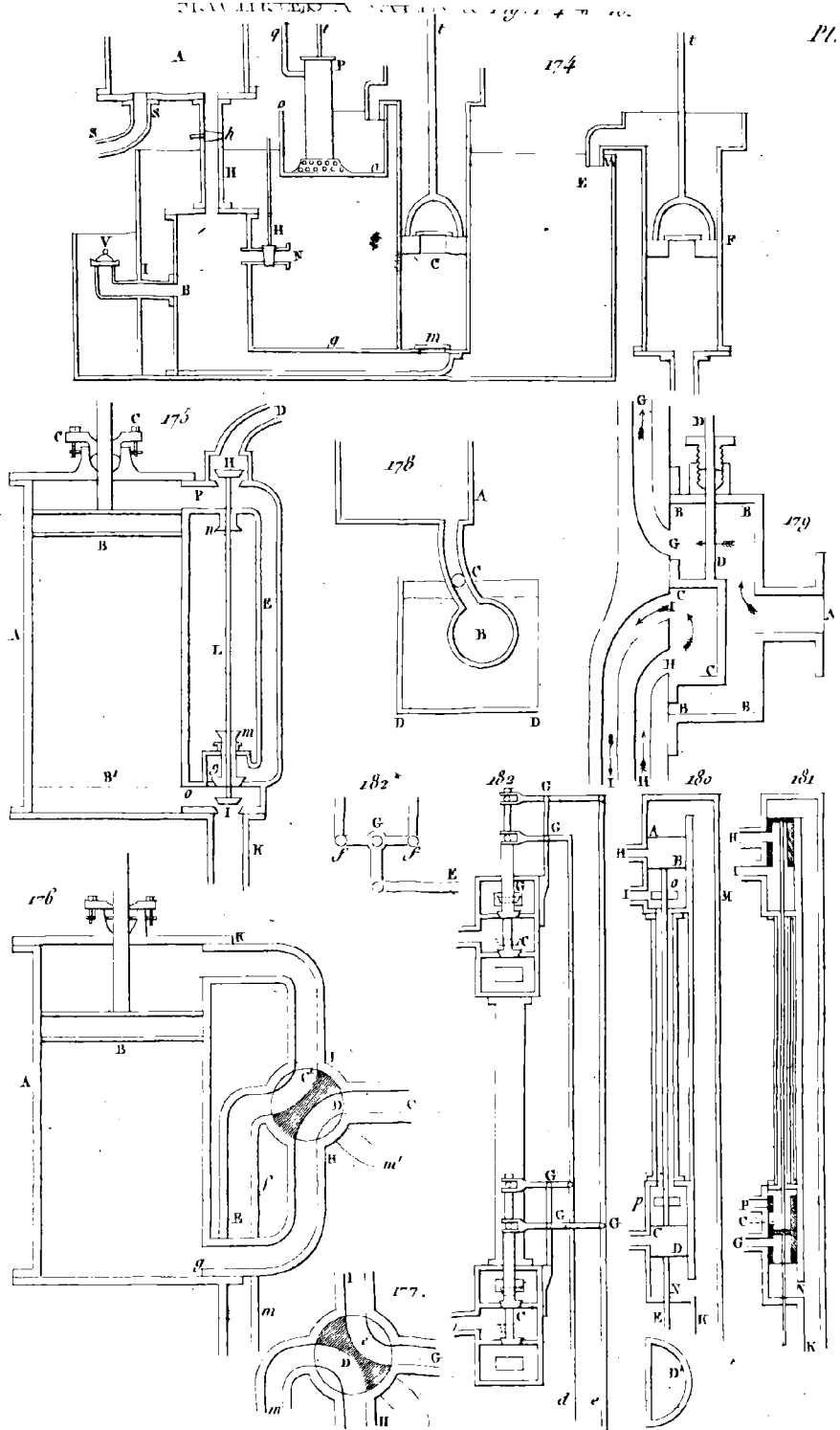
164



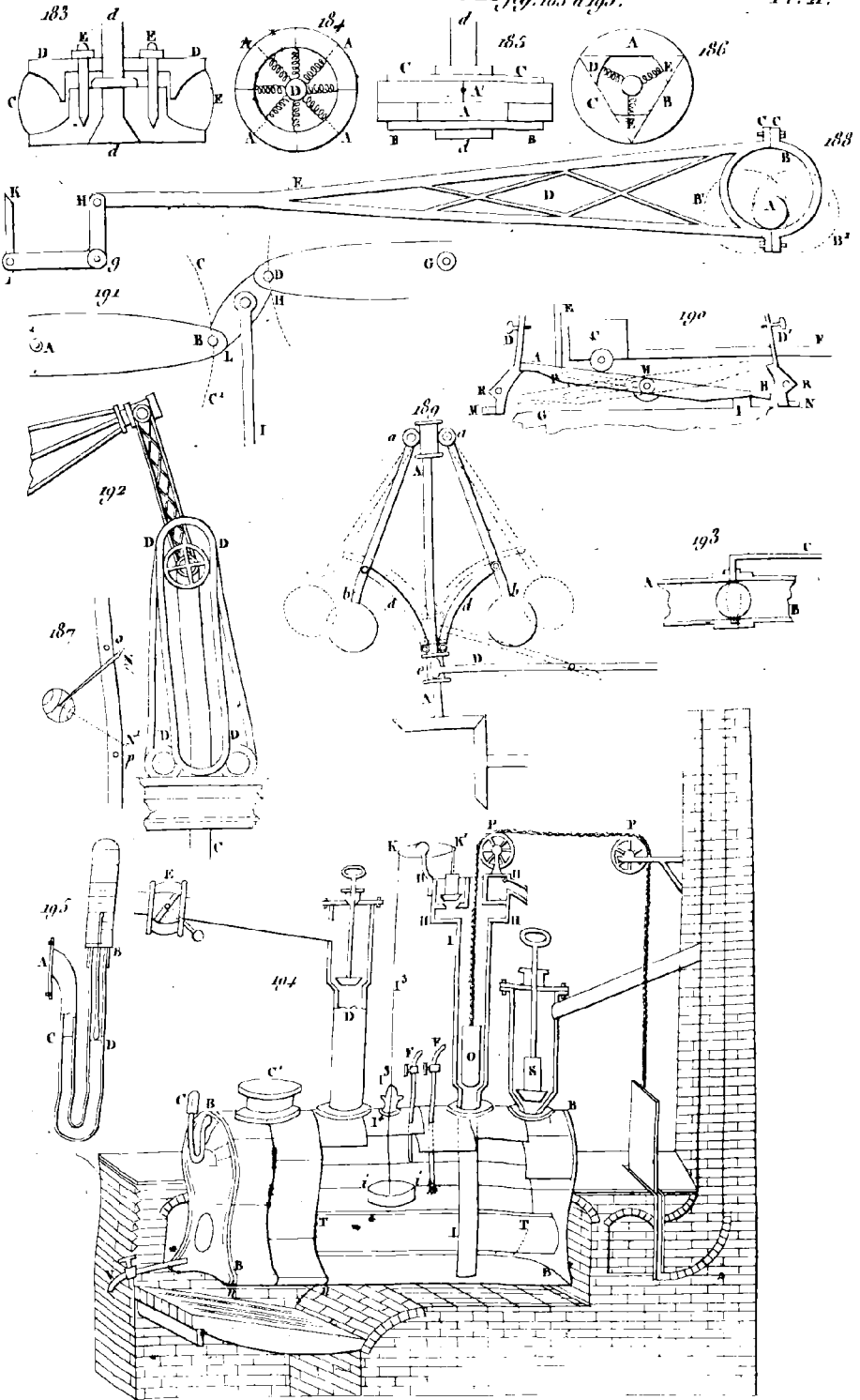
167



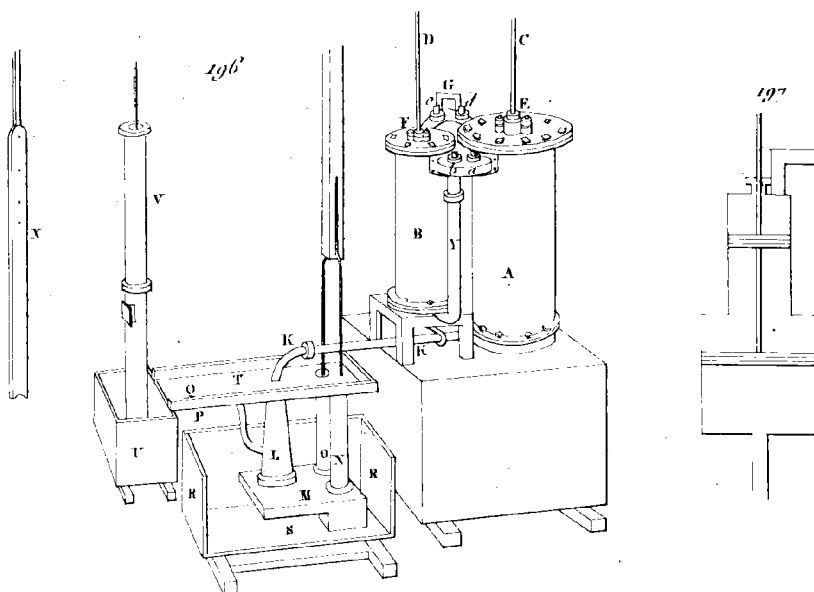




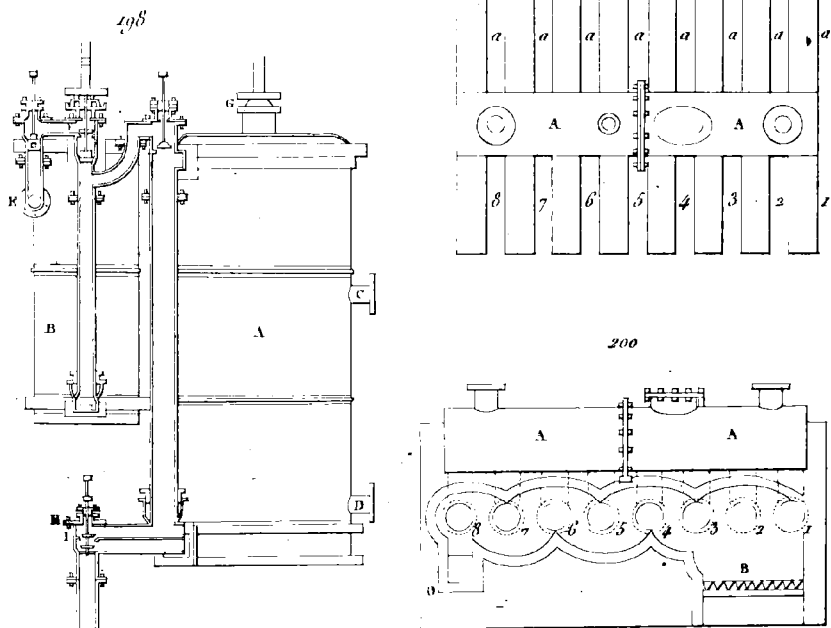
MACHINES A VAPEUR fig. 183 a 195.

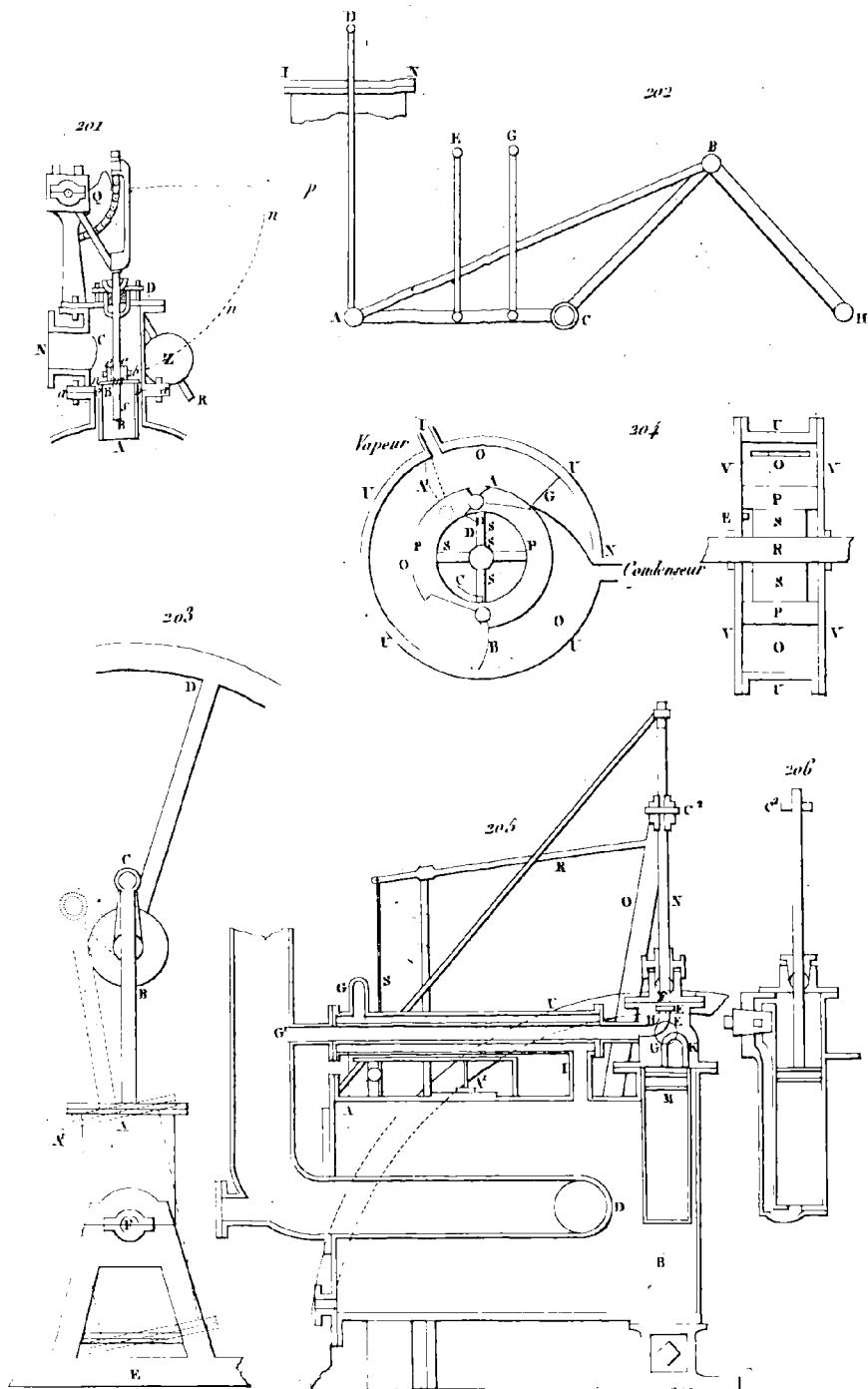






199





MACHINE A VAPEUR PORTATIVE

207.

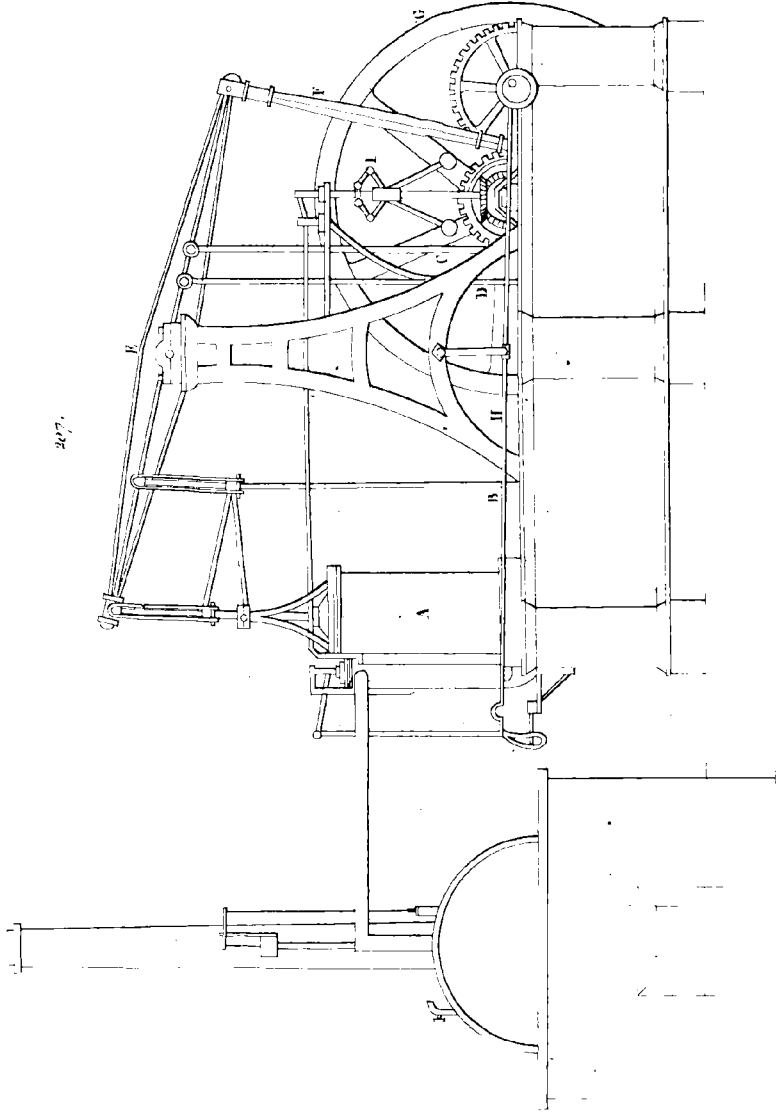
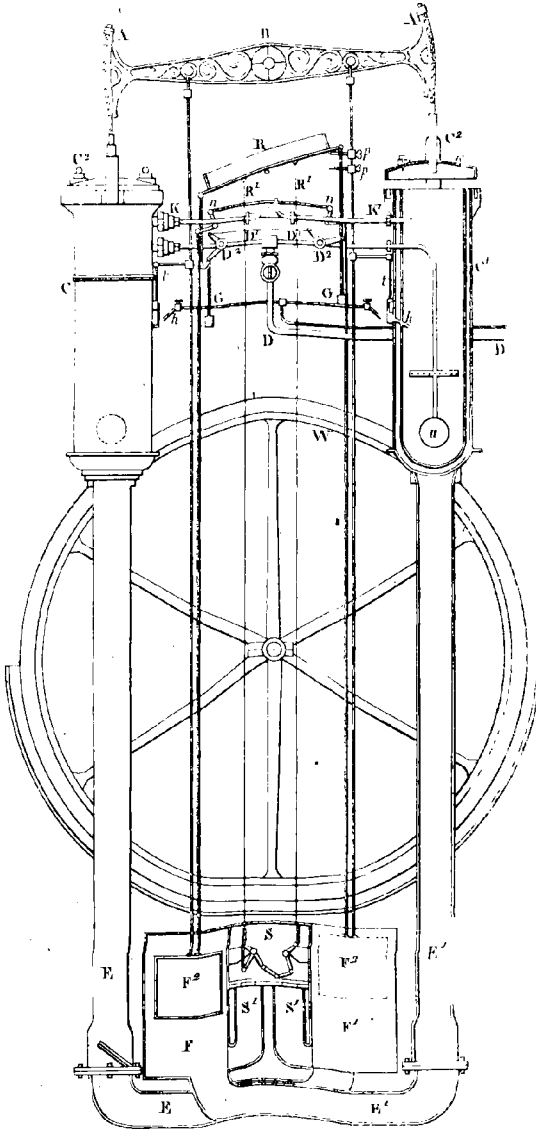


Fig. 206.



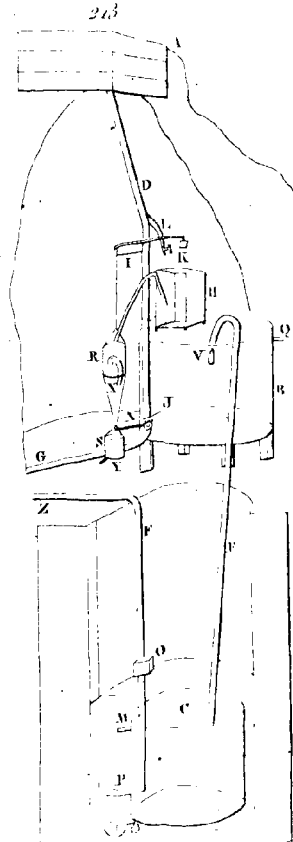
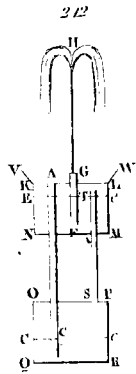
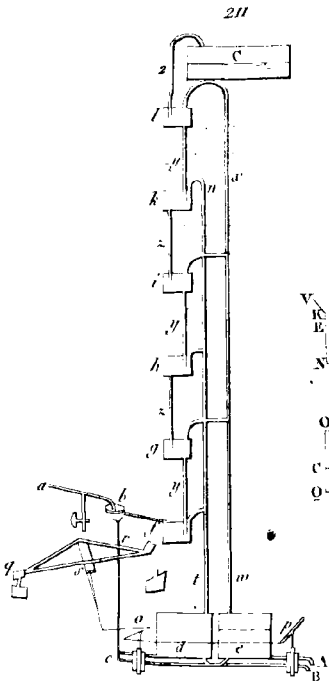
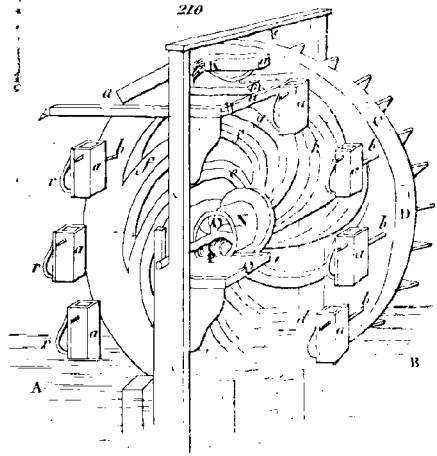
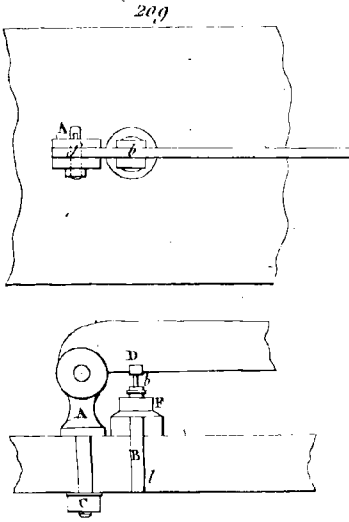
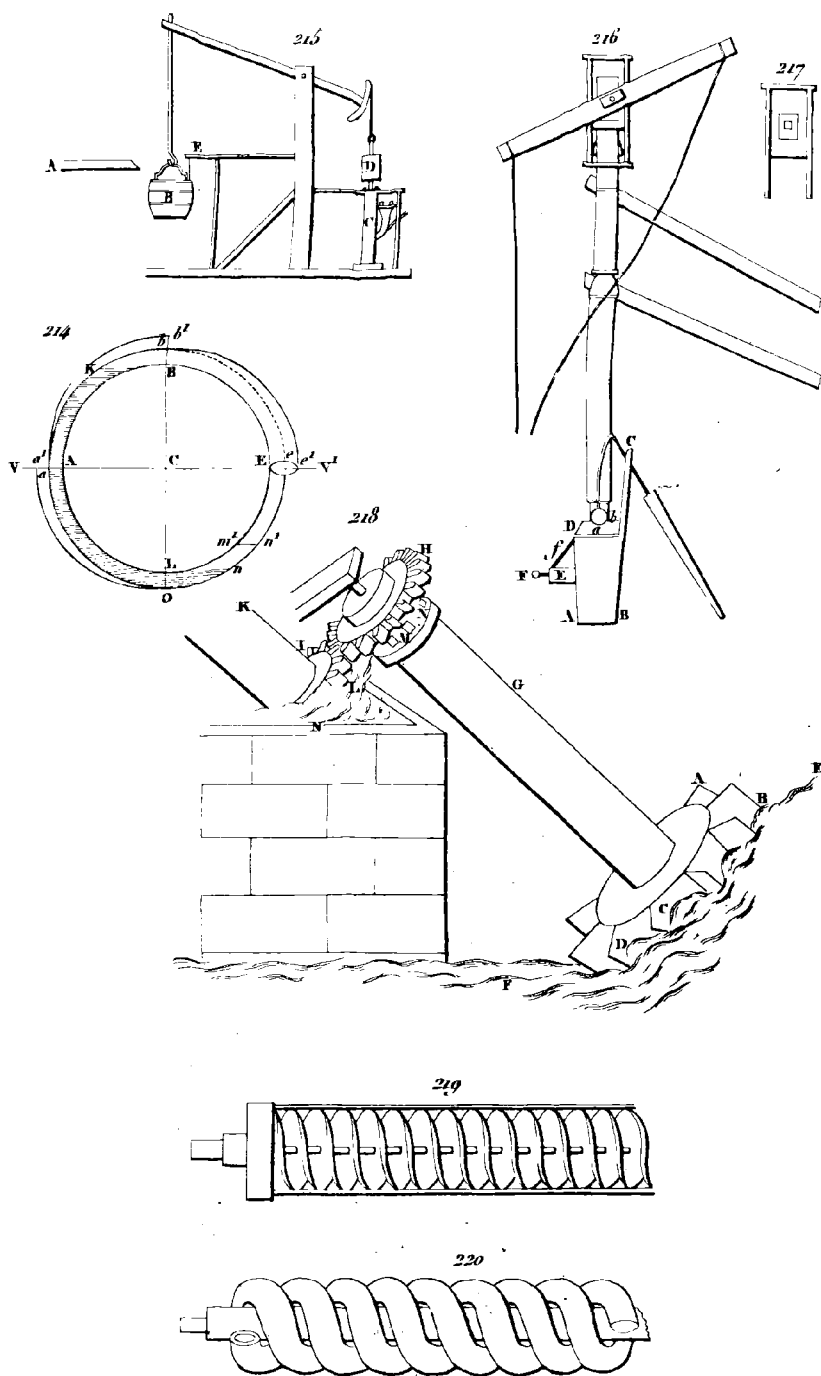
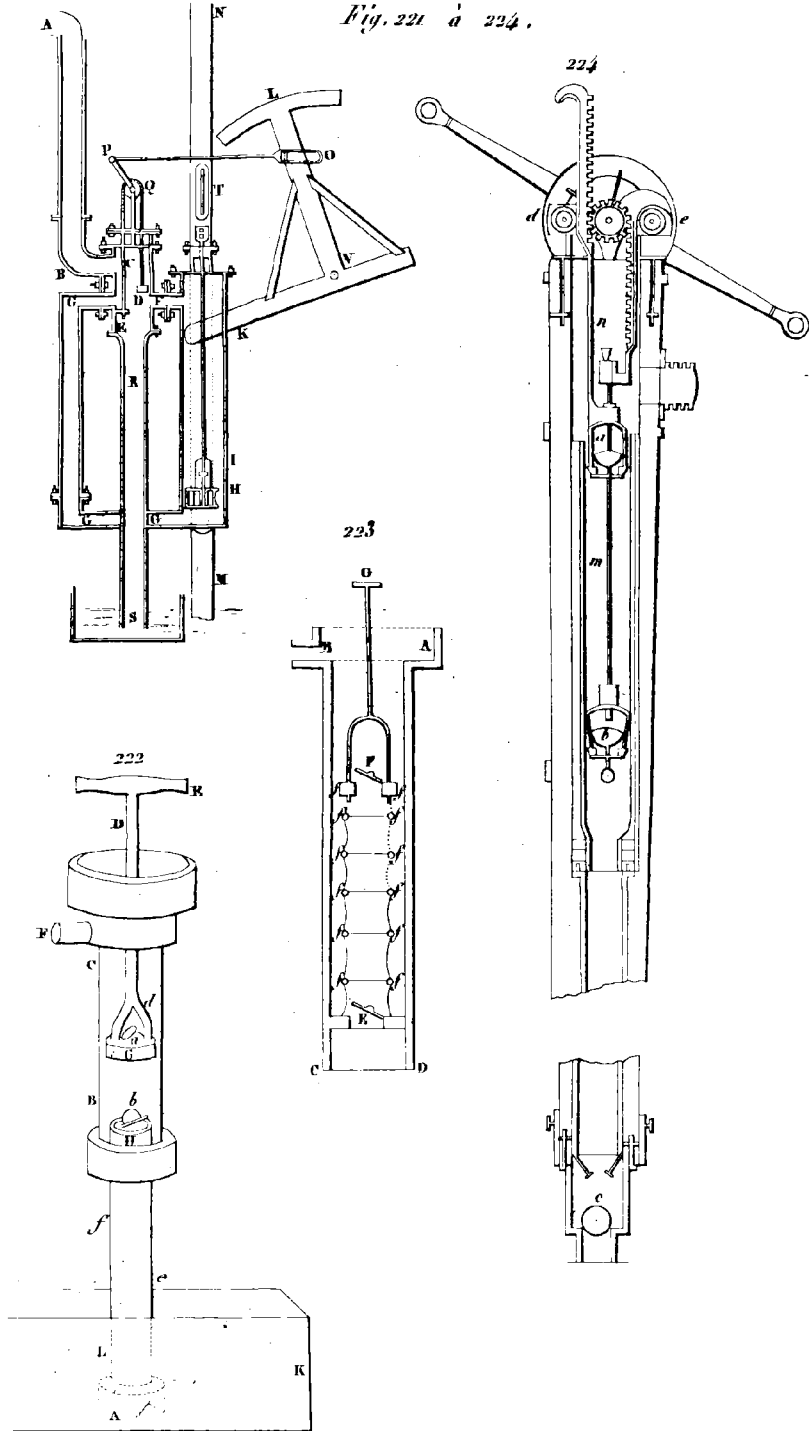


Fig. 214 à 220.

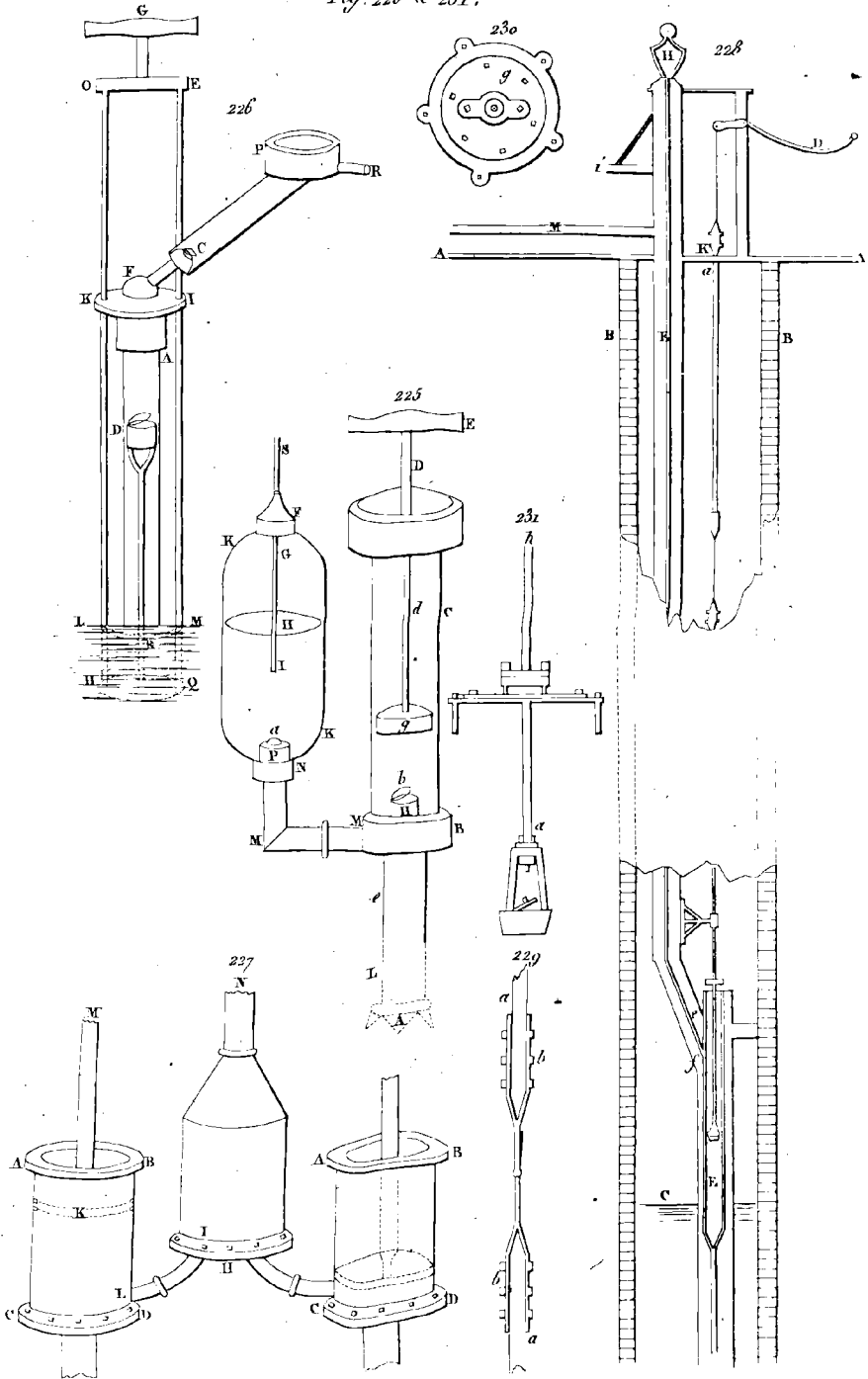


POMPES

Fig. 221 à 224.



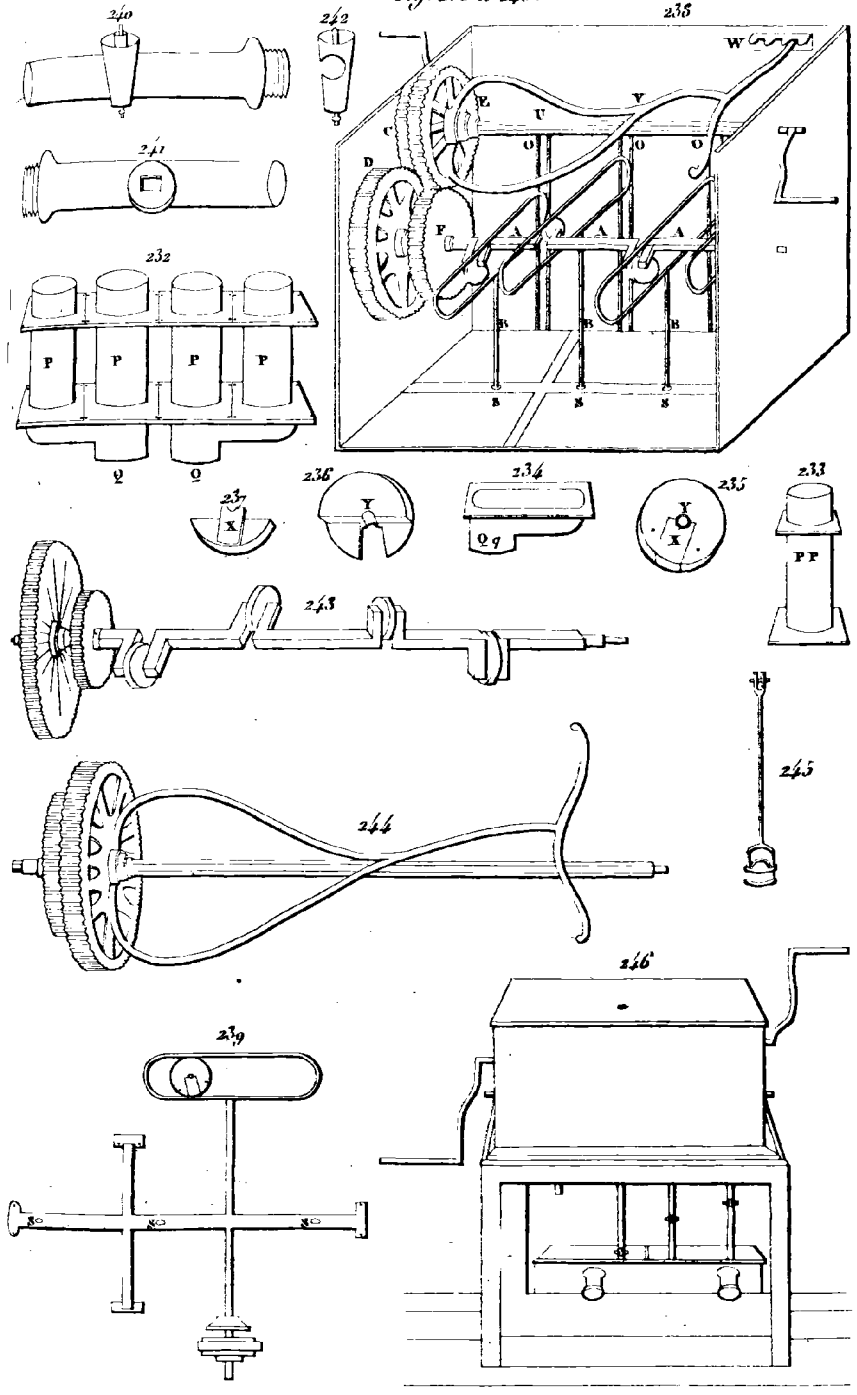
POMPES  
Fig. 225 à 231.



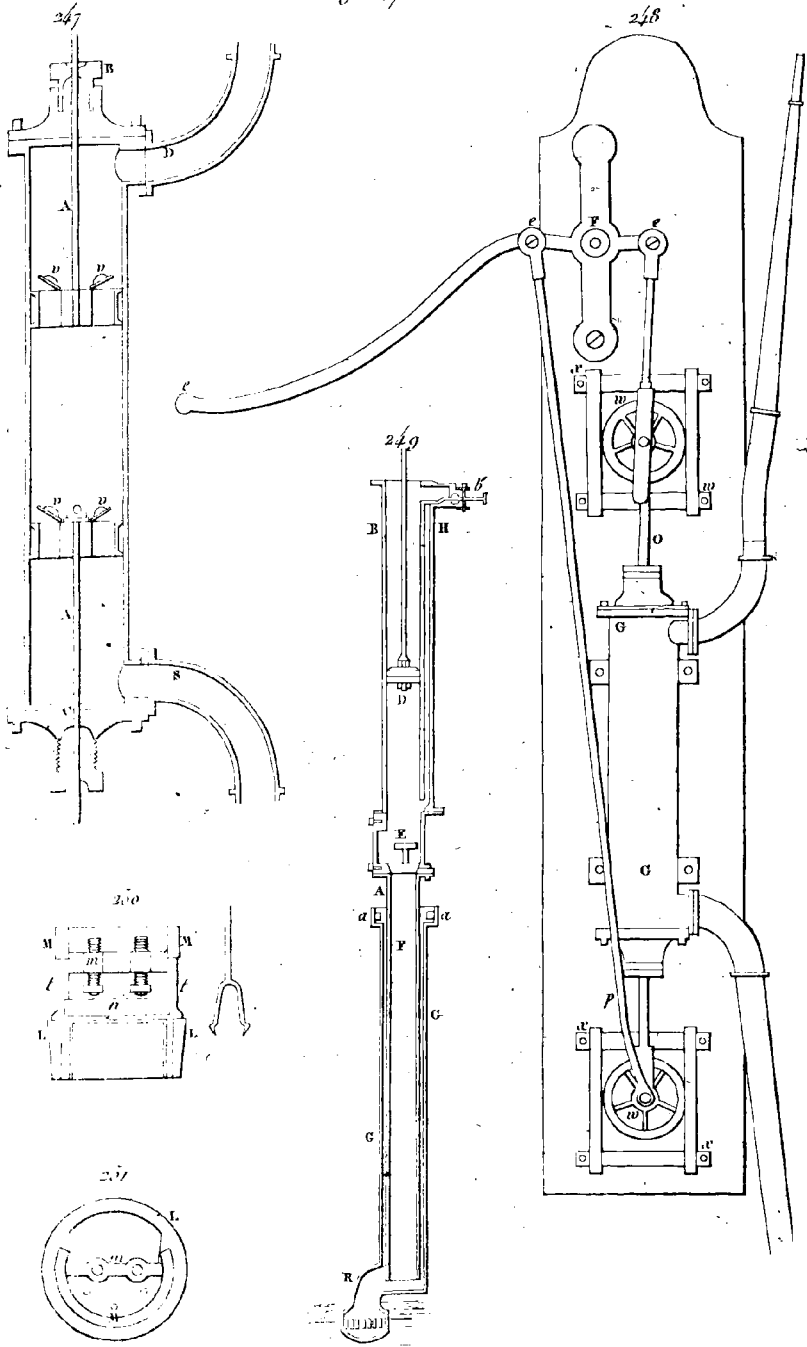


POMPE DE TYROR

Fig. 232 à 240.

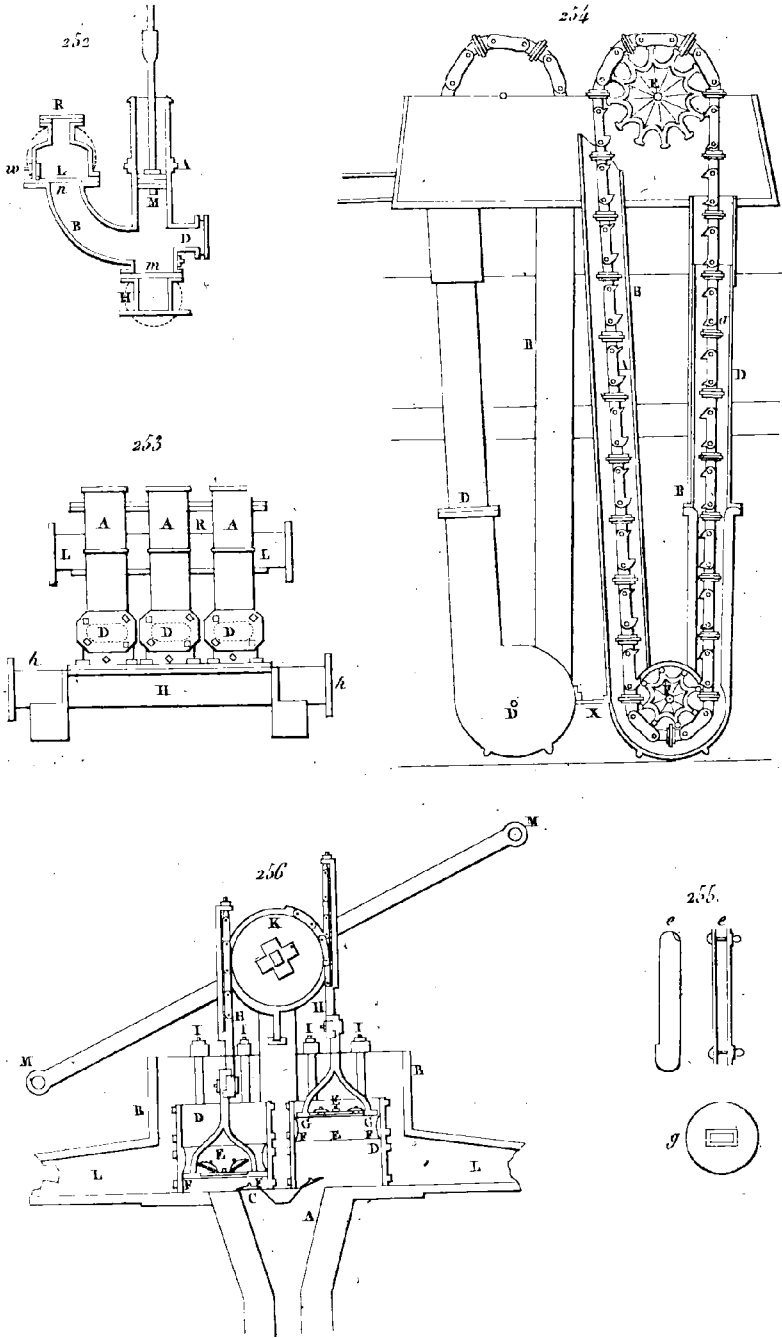


POMPES  
Fig. 247 à 251.

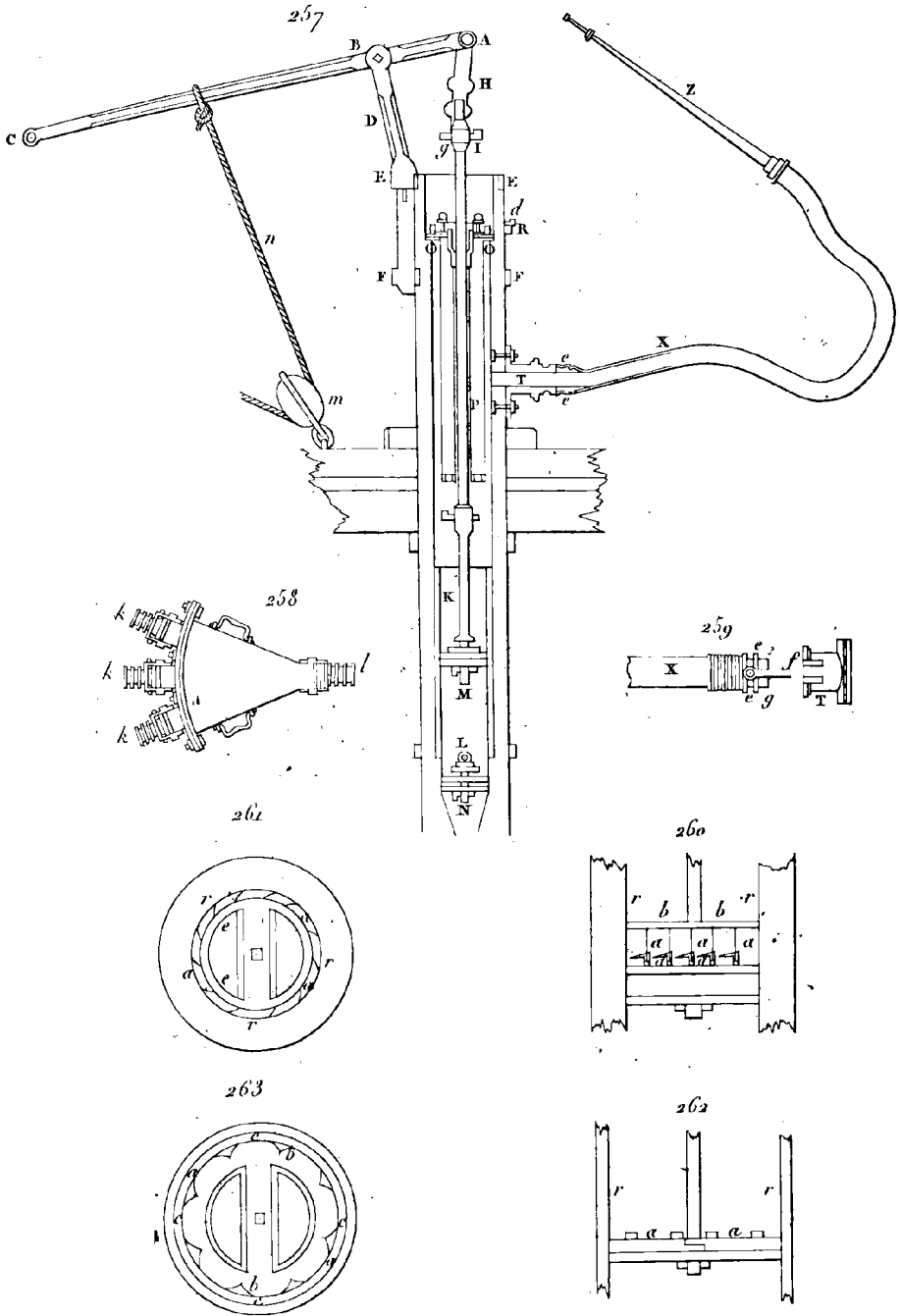


POMPES

Fig. 252 à 256.

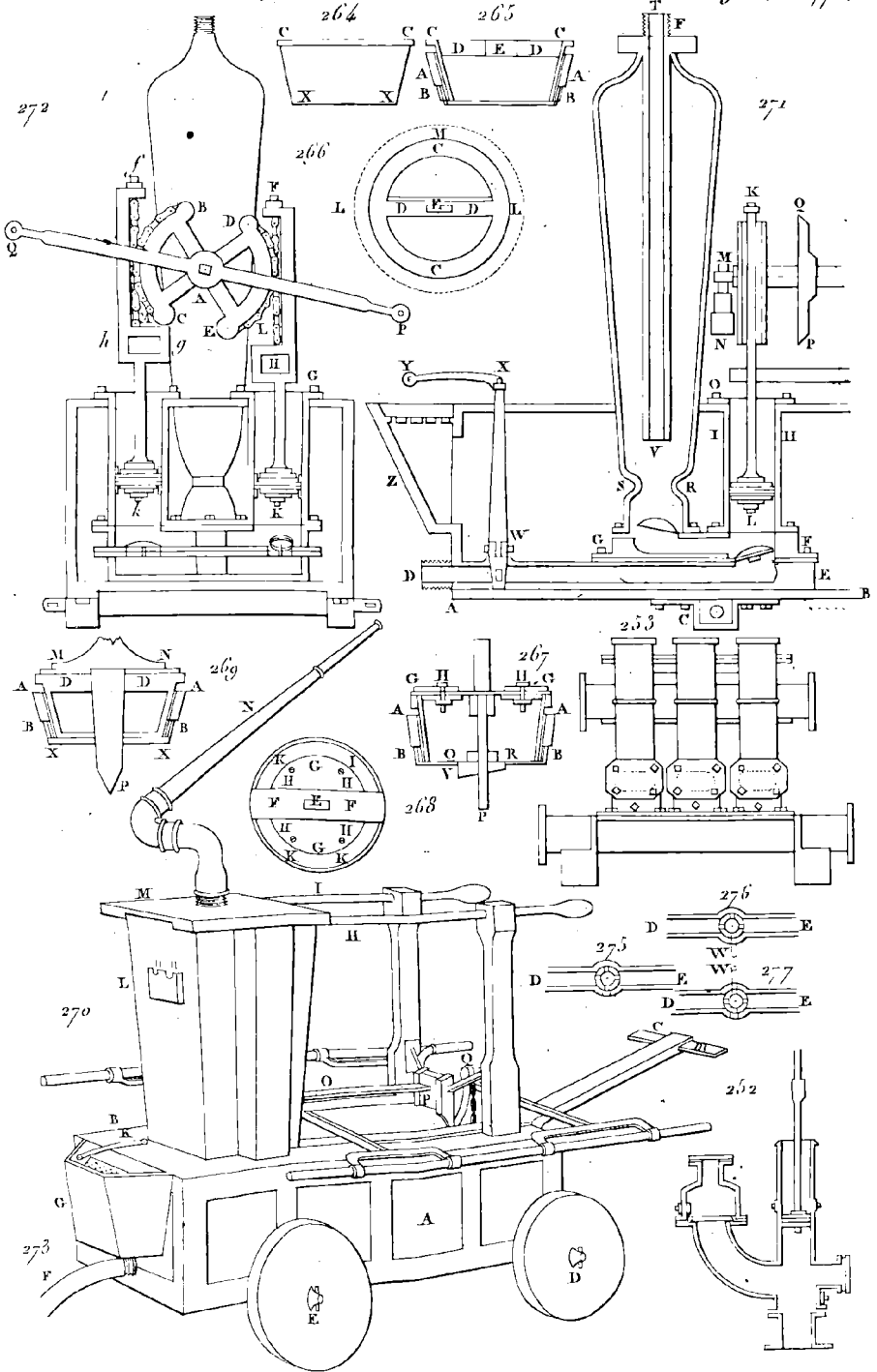


POMPES Fig 257 à 263.



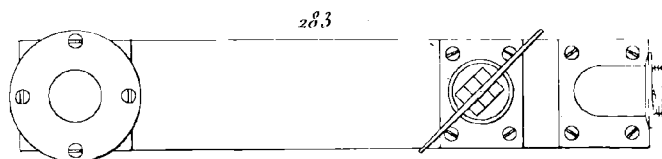
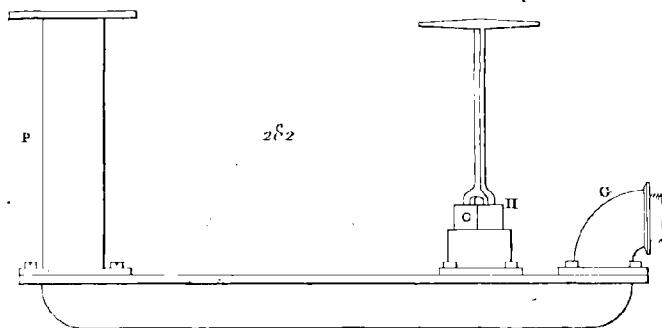
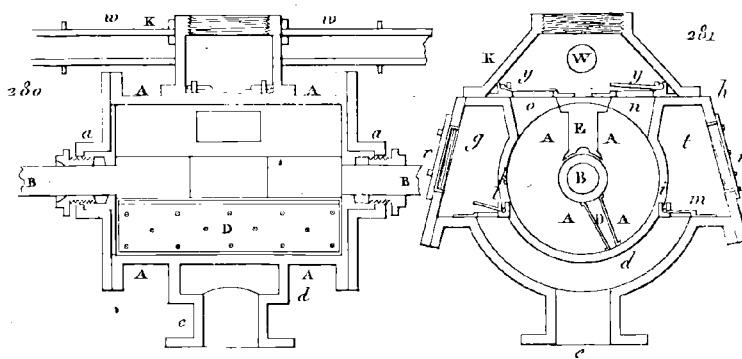
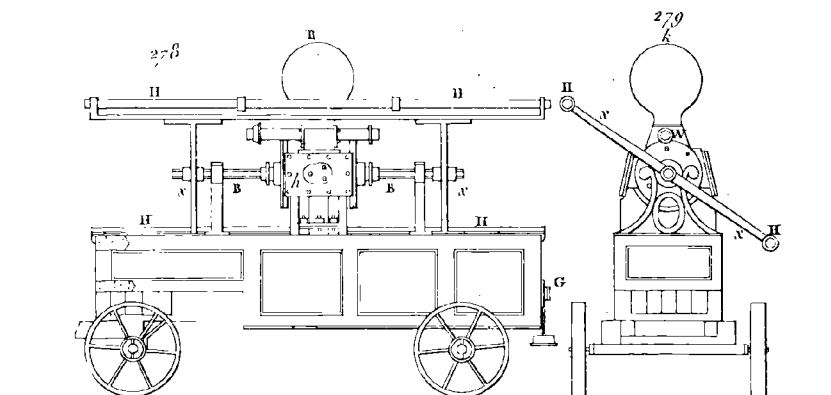
POMPE A INCENDIE DE NEWSHAM

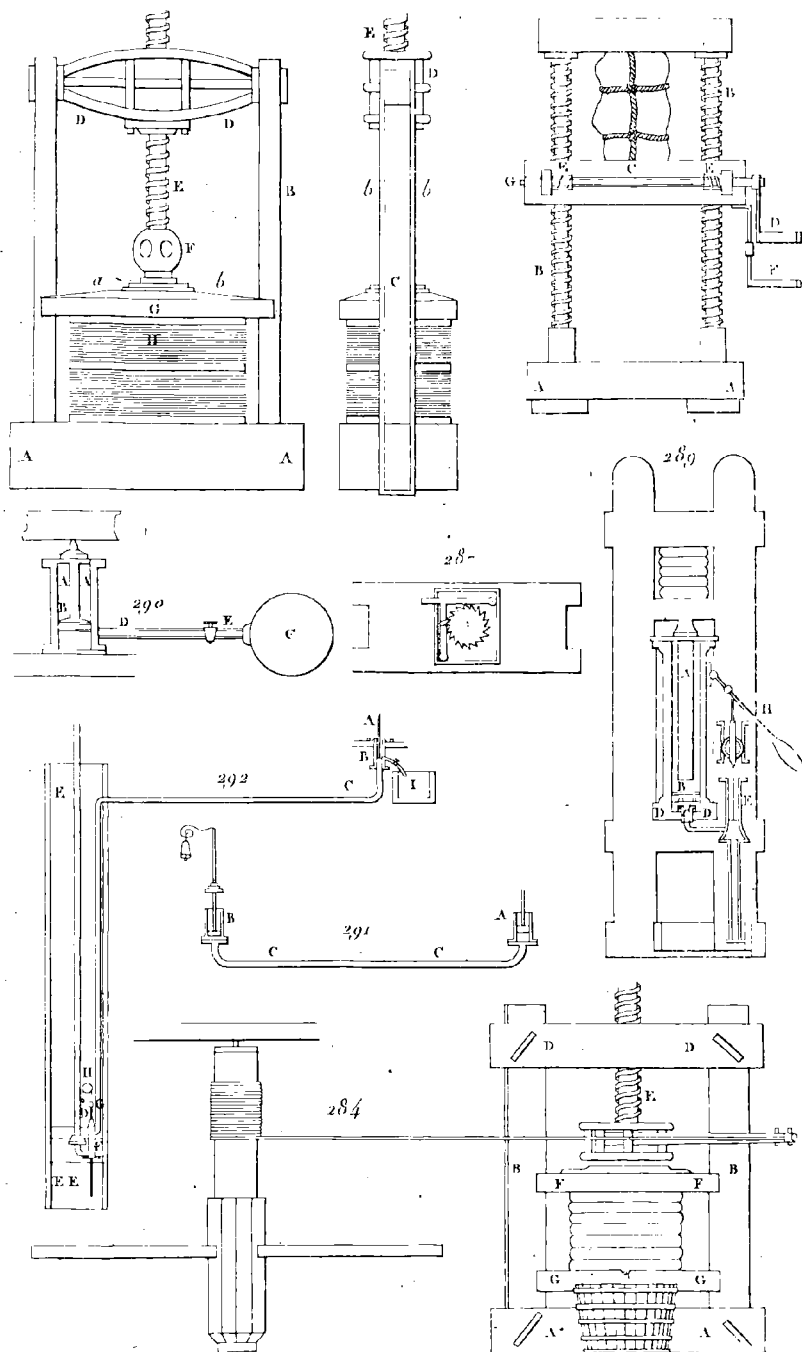
Fig. 264 à 277.



POMPE A INCENDIE DE ROUVRETEE

Fig. 278 à 283.





PRESSE DE STANHOPE

Fig. 293 à 298  
299

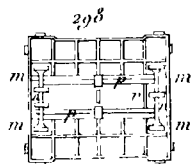
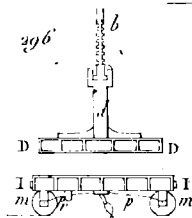
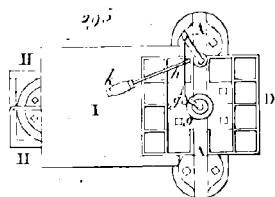
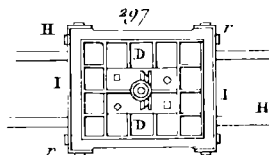
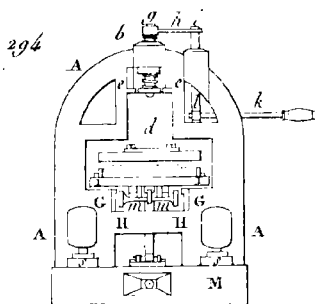
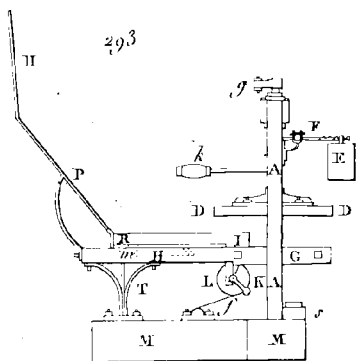
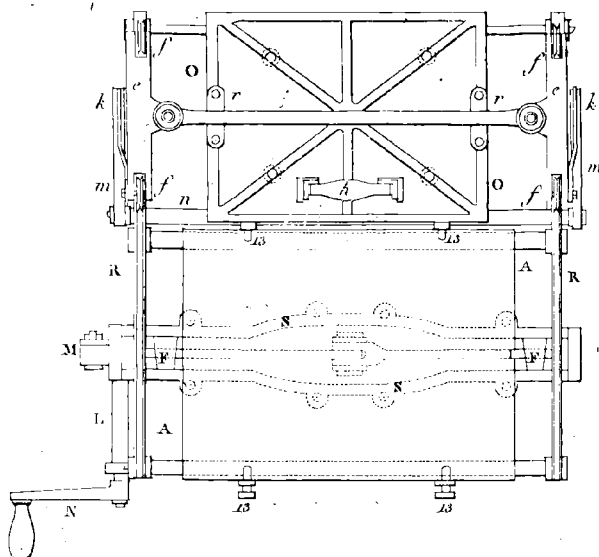
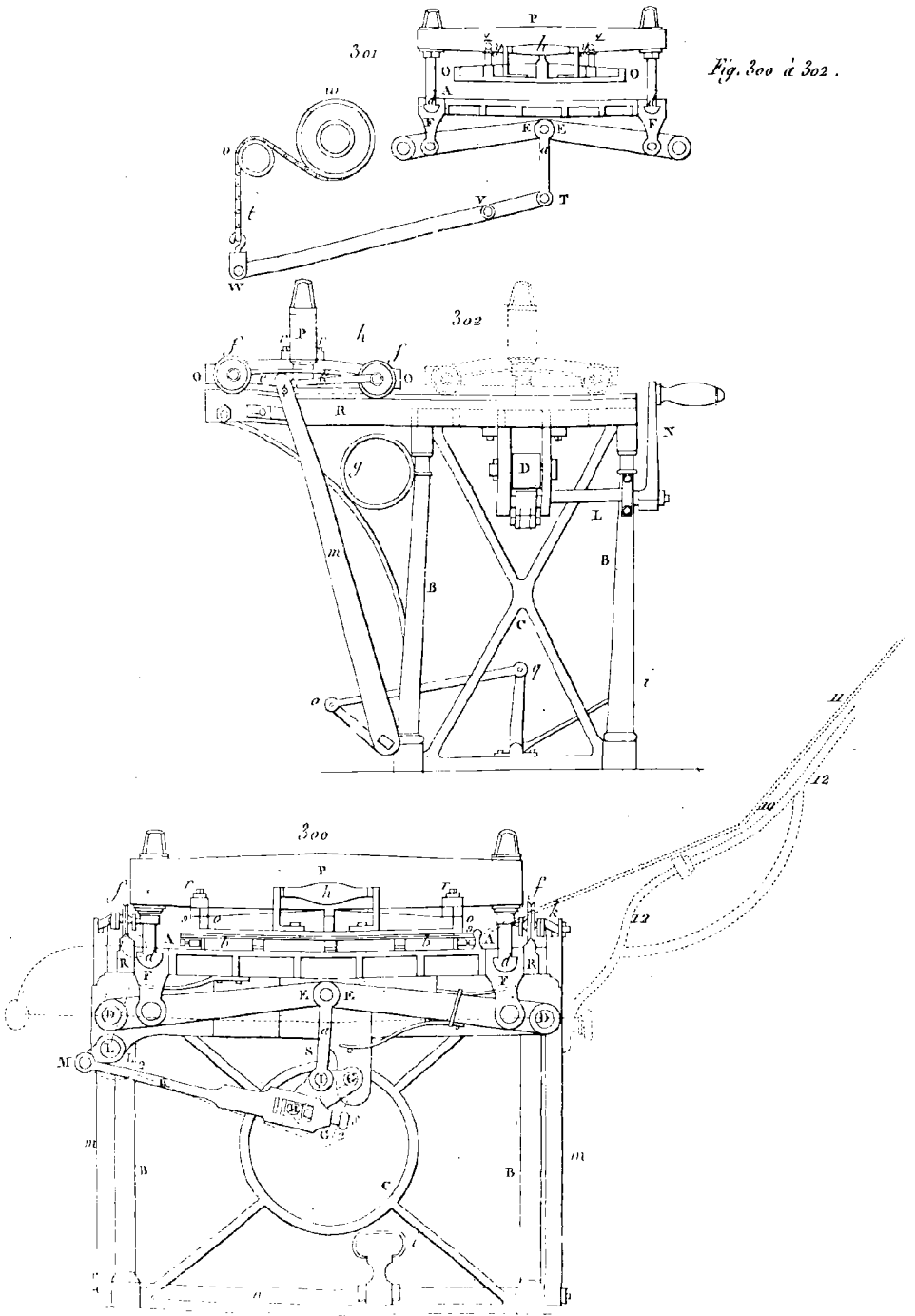
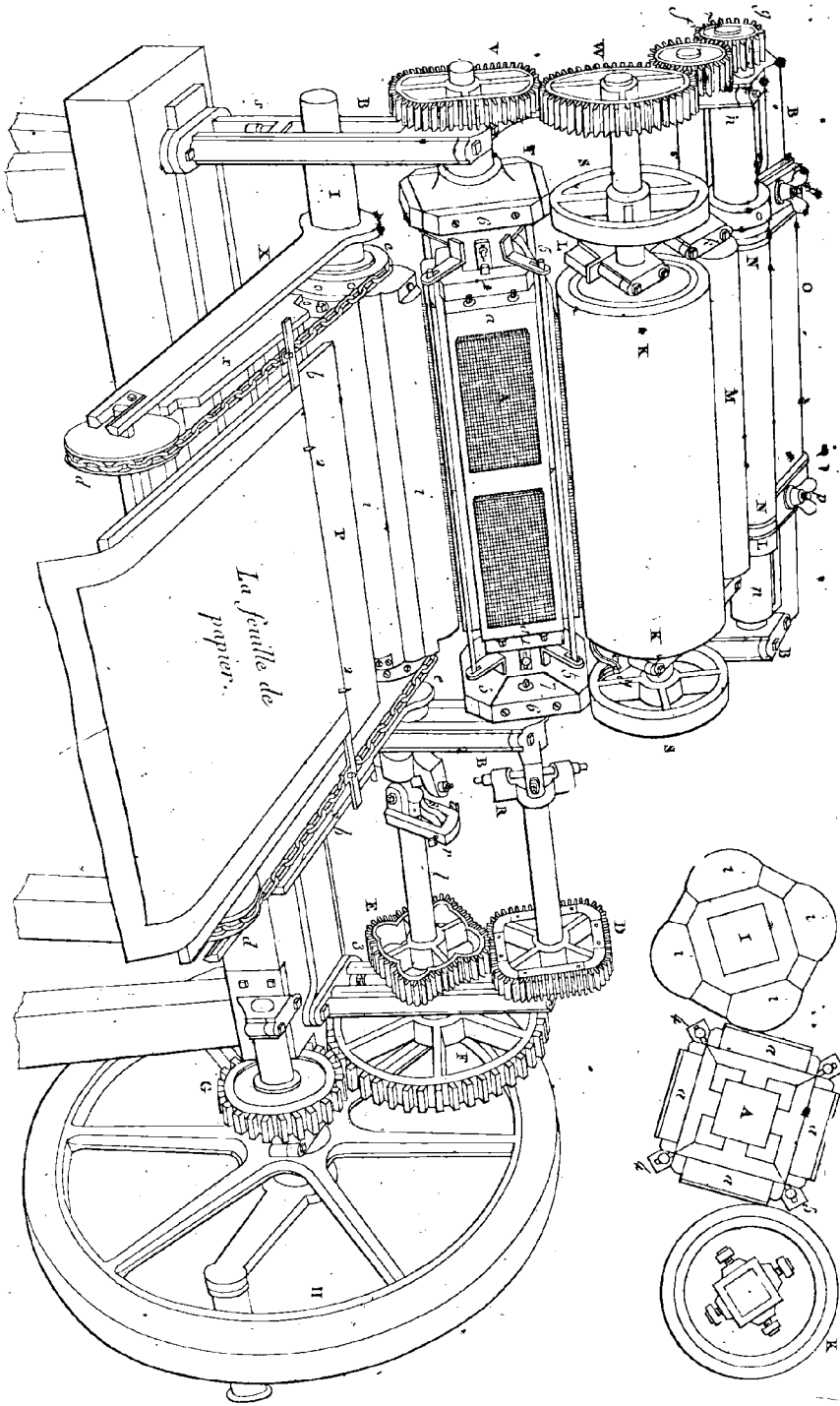




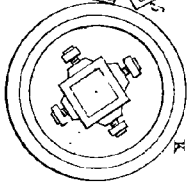
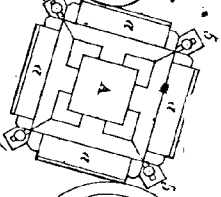
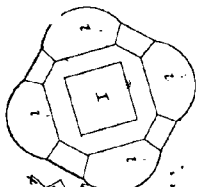
Fig. 300 à 302.





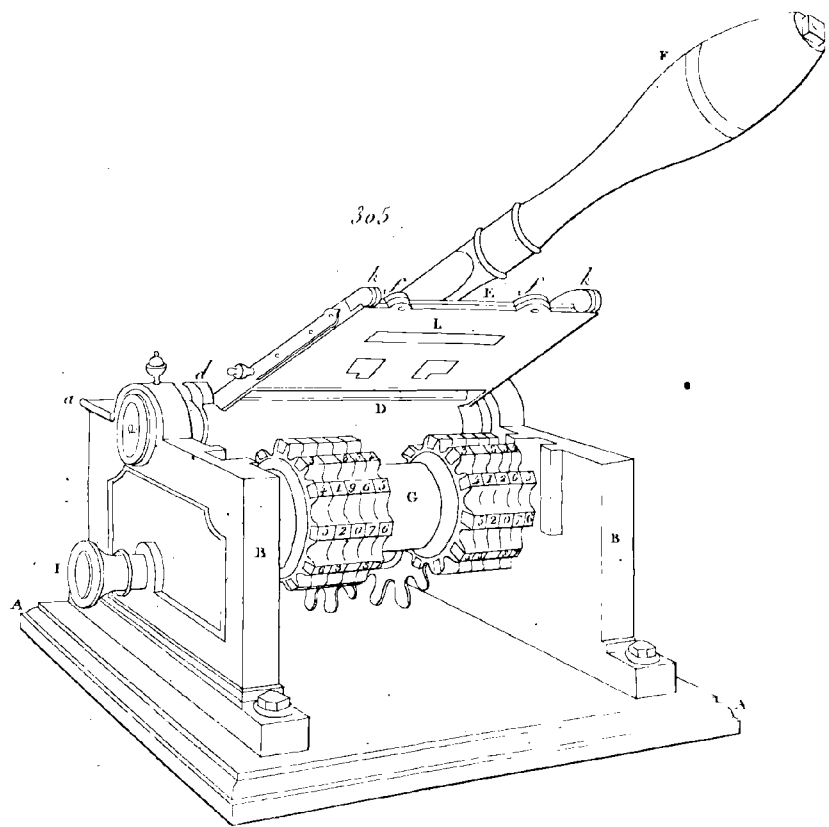
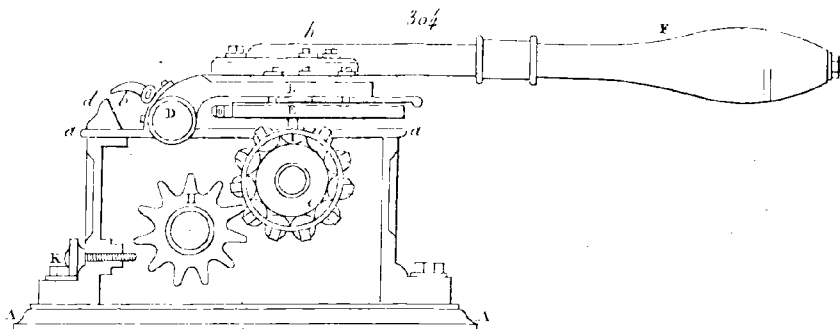
PRESSE DE BACON & DONKIN

La feuille de papier



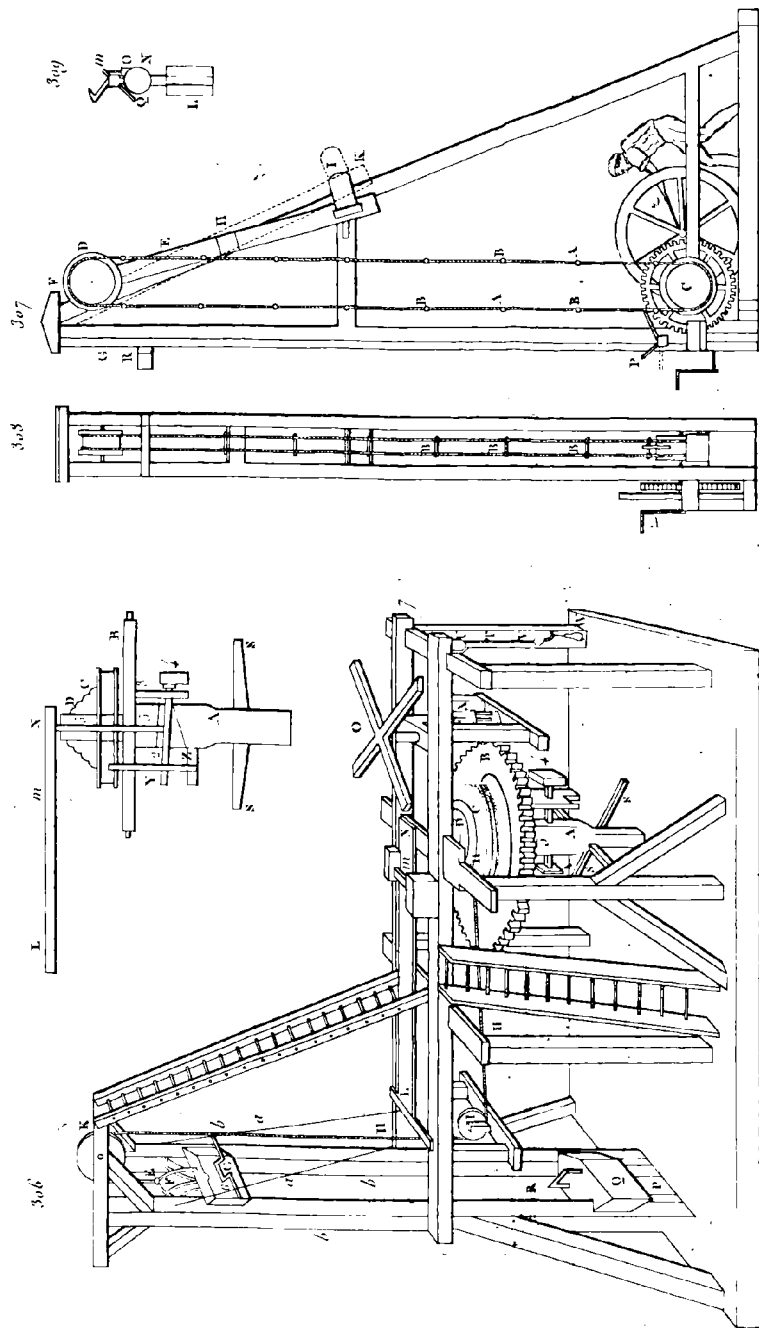
# PRESSE POUR LES BILLETS DE BANQUE

Fig. 304 a. 305.



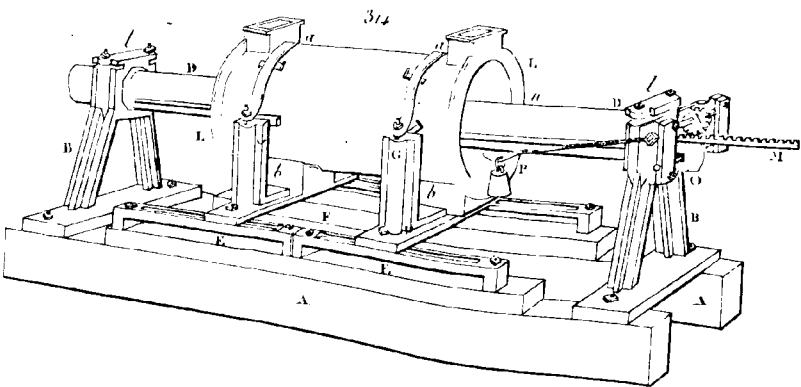
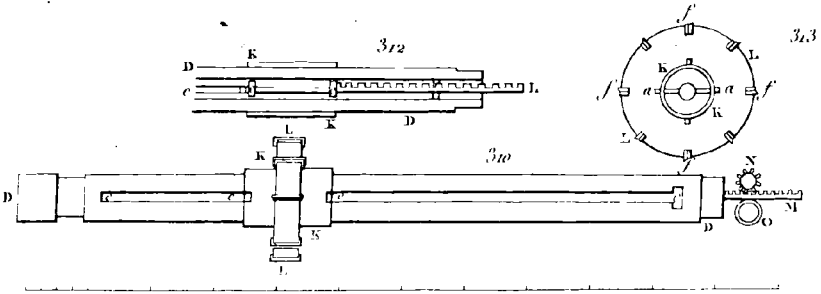
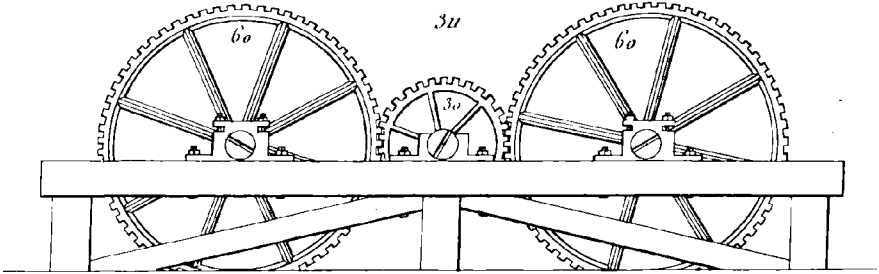
MACHINE A ENFONCER LES PIEUX

Fig. 306 à 309.



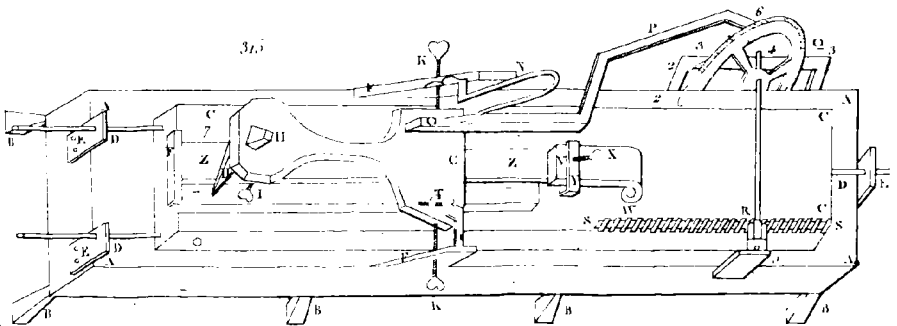
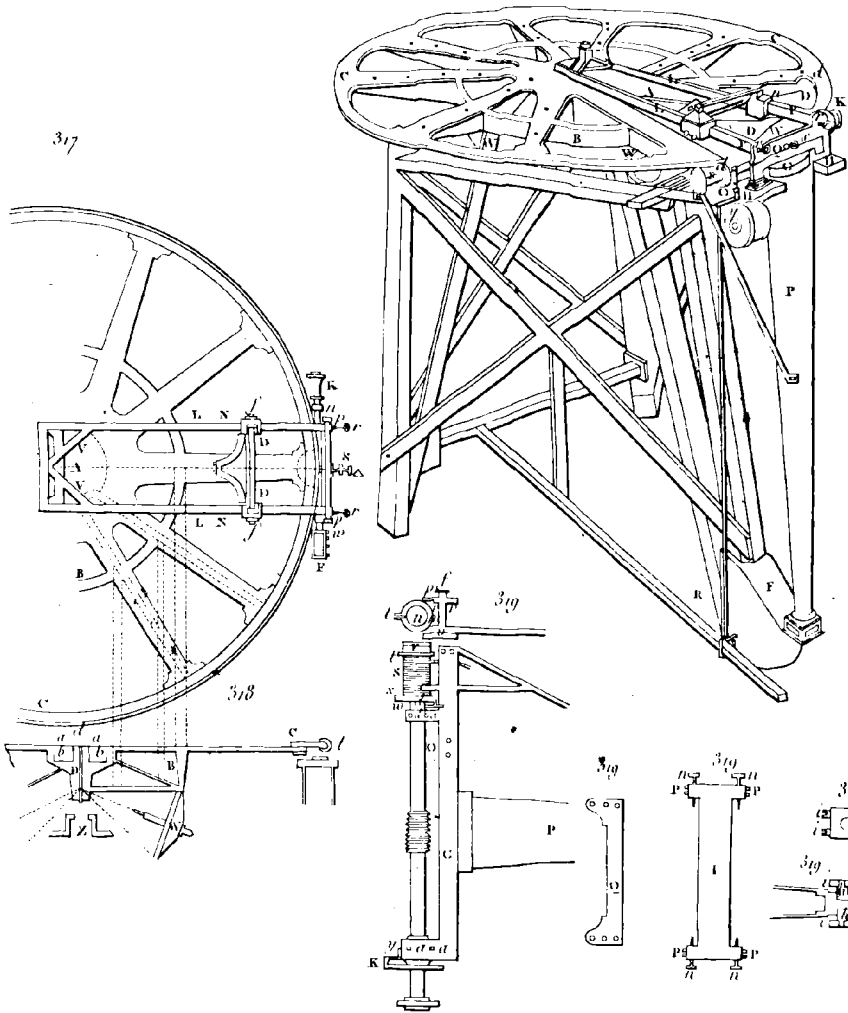
MACHINE A ALLEZER

fig. 310 à 314.

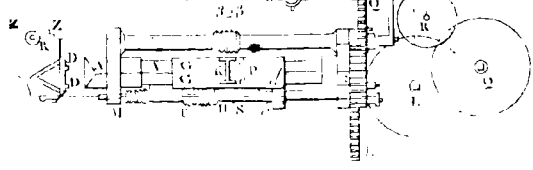
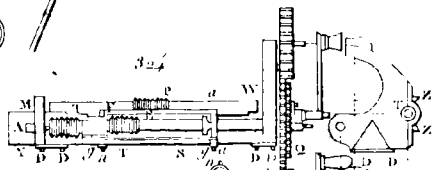
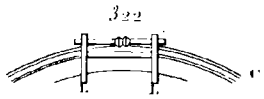
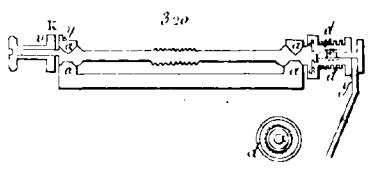
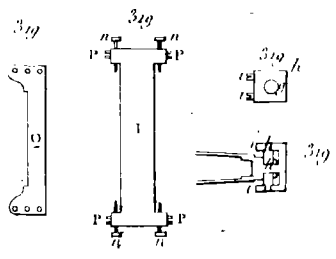
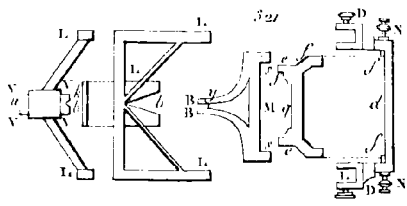
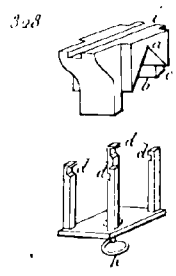
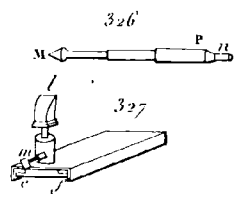
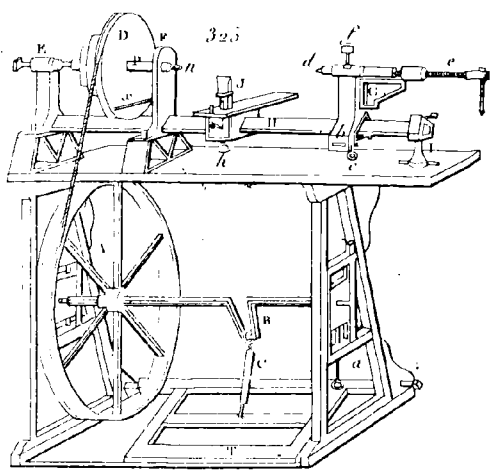


316

317

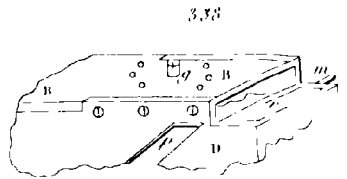
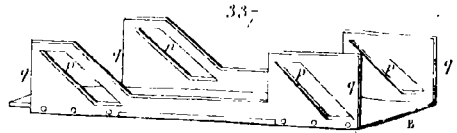
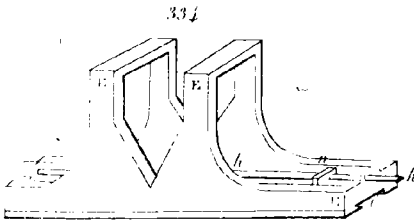
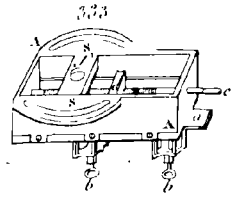
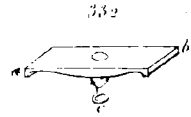
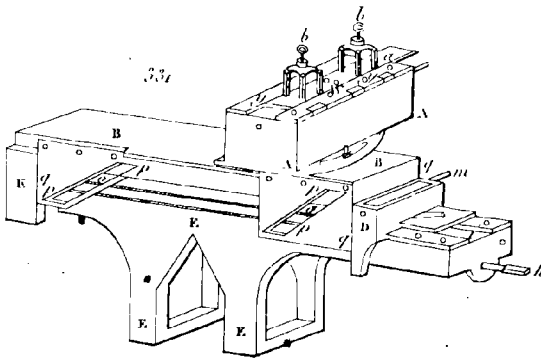
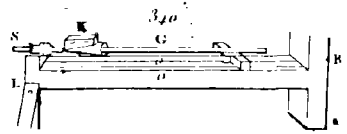
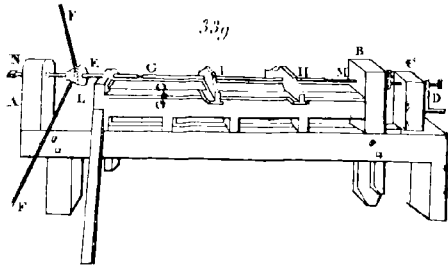


TOURS.  
Fig. 320 à 330



TOURS

Fig. 331 à 340.





CRUS ET CRUES

Fig 341 à 345.

