

**www.e-rara.ch**

## **Traité complet de mécanique appliquée aux arts**

Composition des machines

**Borgnis, J.-A.**

**Paris, 1818**

**ETH-Bibliothek Zürich**

Shelf Mark: Rar 4662

Persistent Link: <https://doi.org/10.3931/e-rara-19667>

Livre premier. Des moteurs.

---

### **www.e-rara.ch**

Die Plattform e-rara.ch macht die in Schweizer Bibliotheken vorhandenen Drucke online verfügbar. Das Spektrum reicht von Büchern über Karten bis zu illustrierten Materialien – von den Anfängen des Buchdrucks bis ins 20. Jahrhundert.

e-rara.ch provides online access to rare books available in Swiss libraries. The holdings extend from books and maps to illustrated material – from the beginnings of printing to the 20th century.

e-rara.ch met en ligne des reproductions numériques d'imprimés conservés dans les bibliothèques de Suisse. L'éventail va des livres aux documents iconographiques en passant par les cartes – des débuts de l'imprimerie jusqu'au 20e siècle.

e-rara.ch mette a disposizione in rete le edizioni antiche conservate nelle biblioteche svizzere. La collezione comprende libri, carte geografiche e materiale illustrato che risalgono agli inizi della tipografia fino ad arrivare al XX secolo.

---

**Nutzungsbedingungen** Dieses Digitalisat kann kostenfrei heruntergeladen werden. Die Lizenzierungsart und die Nutzungsbedingungen sind individuell zu jedem Dokument in den Titelinformationen angegeben. Für weitere Informationen siehe auch [Link]

**Terms of Use** This digital copy can be downloaded free of charge. The type of licensing and the terms of use are indicated in the title information for each document individually. For further information please refer to the terms of use on [Link]

**Conditions d'utilisation** Ce document numérique peut être téléchargé gratuitement. Son statut juridique et ses conditions d'utilisation sont précisés dans sa notice détaillée. Pour de plus amples informations, voir [Link]

**Condizioni di utilizzo** Questo documento può essere scaricato gratuitamente. Il tipo di licenza e le condizioni di utilizzo sono indicate nella notizia bibliografica del singolo documento. Per ulteriori informazioni vedi anche [Link]

# DE LA COMPOSITION DES MACHINES.

---

## LIVRE PREMIER.

*Des Moteurs.*

### CHAPITRE PREMIER.

*Des Moteurs animés.*

1. L'EFFORT que les moteurs animés en général, et que les hommes en particulier, peuvent exercer sur les machines, est produit, ou par la force musculaire, ou par le poids de leur corps, ou enfin par le concours simultané de ces deux forces. Quelle que soit cependant la manière dont l'effort est produit, il résulte de la combinaison de trois élémens qu'il importe de bien distinguer : 1°. la pression ou traction, 2°. la vitesse imprimée par cette pression ou traction, 3°. la durée de l'action, qui dépend elle-même de la fatigue éprouvée par l'agent-moteur.

2. L'effort est momentané ou continu. S'il est momentané, la courte durée de l'action permet de donner aux deux autres élémens toute l'intensité dont ils sont susceptibles. S'il est continu, c'est - à - dire, s'il se prolonge pendant des journées entières, alors ces élémens sont nécessairement modifiés par la durée de l'action ; et l'effort continu, comparé, à égalité de circonstances, dans un même laps de temps, à l'effort momentané, doit toujours lui être inférieur. Le rapport entre ces deux efforts varie dans les divers cas, mais l'expérience semble indi-

quer qu'ordinairement l'effort continu est à peu près le tiers du momentané.

3. La pression ou traction, la vitesse, la durée de l'action peuvent dans chaque cas avoir une infinité de valeurs relatives différentes; mais toutes les combinaisons de ces valeurs ne sont pas également avantageuses: il en existe une entre elles, qui donne le plus grand produit possible, que l'on désigne sous le nom de *maximum*. La théorie, sans l'expérience, est insuffisante pour déterminer ce maximum, et l'expérience, dans ce cas et dans tous ceux qui concernent l'effort continu, ne peut être d'une utilité réelle, et ne peut donner de résultats positifs; 1°. si elle ne s'exerce directement sur les machines mêmes ou sur les organes mécaniques dont on veut connaître l'effet; 2°. si elle n'est prolongée régulièrement pendant plusieurs journées entières de travail; 3°. si l'on n'y a employé successivement plusieurs individus de force analogue; 4°. si enfin le travail n'a été surveillé consciencieusement avec toute l'attention et l'assiduité possibles. A ces quatre conditions il serait important d'en ajouter une cinquième, qui n'est pas cependant indispensable. Cette utile condition consisterait dans l'emploi de plusieurs machines de même espèce, sur chacune desquelles on renouvellerait les expériences.

4. Cette méthode expérimentale est sans doute longue et coûteuse, elle exige une persévérance peu commune, mais elle est la seule qui puisse contribuer avec efficacité au perfectionnement de cette branche importante de la mécanique, qui, maintenant dépourvue de données positives, est dans un état d'imperfection qui réclame vivement les soins des savans qui ont pour but de rendre leurs travaux utiles à la société. L'homme, employé comme moteur mécanique, produit son action de deux manières différentes: 1°. en demeurant toujours à la même place; 2°. en donnant à son corps un mouvement de translation.

Il opère de la première manière lorsqu'il tire ou pousse verticalement du haut en bas ou du bas en haut, et lorsque, étant assis ou ayant le corps appuyé contre un objet fixe, il tire ou pousse horizontalement et obliquement par l'intermède de la force musculaire de ses bras ou de ses jambes.

5. Il y a deux espèces de pressions ou de tractions ; *l'absolue* et *la relative*. La première exclue la vitesse et ne produit qu'une sorte d'équilibre, elle est, dans chaque manière d'agir, la plus forte qu'un individu puisse exercer; c'est elle qui est indiquée par le dynamomètre, lorsque la personne qui expérimente sa force au moyen de cet instrument, y concentre toute sa vigueur. La *relative*, combinée avec la vitesse, est modifiée par elle; sa valeur, toujours moindre que celle de l'absolue, suit la proportion inverse des degrés de vitesse.

6. Lorsqu'un homme, sans changer de place, tire ou pousse, soit dans une direction verticale du haut en bas ou du bas en haut, soit dans une direction horizontale ou oblique, il agit par la force musculaire de ses bras; et, comme dans ces quatre espèces d'actions, la cause opératrice est identique, on peut en conclure que l'effet résultant est le même à égalité de circonstances. Le poids du corps coopère à l'action dans les tractions, verticale du haut en bas, horizontale et oblique; mais cette coopération n'augmente ni ne diminue l'effet produit par la seule force musculaire; car il est évident que le poids agissant doit être indispensablement soutenu par une portion équivalente de la force musculaire, et que cette portion cesse alors de contribuer directement à la traction. Ainsi, dans les quatre cas désignés, la pression ou la traction dépend entièrement de la force musculaire; c'est elle qui la produit, et c'est elle qui l'entretient; le poids du corps ne possède qu'une force inerte qui doit à la force musculaire toute sa faculté motrice.

7. Mais, dans ces mêmes cas, quelles sont les valeurs des pressions ou tractions, absolue et relative? Nous n'avons pas un assez grand nombre d'expériences positives pour pouvoir les déterminer avec exactitude. Il paraît cependant, d'après quelques expériences faites avec le dynamomètre de M. *Regnier*, que la pression absolue exercée par quelques individus très-robustes équivaut à 200 ou 300 kilogrammes, et que le terme moyen est approximativement égal à 130 kilogrammes, c'est-à-dire, à un poids double de celui de l'individu qui opère. D'après les observations faites par M. *Coulomb* sur les hommes qui travaillent au mouton, dans les travaux hydrauliques, on peut évaluer la *traction relative continue* à un poids de 20 kilogrammes, élevé vingt fois à la hauteur d'un mètre pendant une minute, en supposant une durée de trois heures au travail effectif, dans une journée, déduction faite de toute espèce d'interruption et de repos. Et enfin, d'après ce que nous avons dit (2), je crois que l'on peut attribuer à la *traction relative momentanée* une valeur triple de celle que nous venons d'indiquer.

8. Il est une autre sorte de traction verticale du haut en bas, qui paraît *absolue* en apparence, et qui cependant est bien moindre que la *traction absolue réelle*. Si l'homme qui agit dans ce cas n'a aucun poids étranger sur le corps, la plus forte traction qu'il pourra exercer, sera équivalente au poids de son corps; car, agissant avec vigueur, son corps se soulève de terre, et, sans autre appui que la corde ou l'organe mécanique qui reçoit l'action, il produit le simple effet d'un corps inerte abandonné à sa force de gravité. Mais il est certain qu'un homme, quoique chargé, peut encore tirer de la même manière; il faut donc, en évaluant la force absolue réelle, ajouter au poids du corps celui de la plus grande charge qu'il peut porter, sans que cette charge l'empêche de se suspendre.

9. La force musculaire des jambes et des cuisses paraît être plus vigoureuse que celle des bras. Nous observons journellement des portefaix chargés d'un poids de 100 à 150 kilogrammes, marcher avec aisance, et nous savons que dans la marche, le corps et le fardeau sont soulevés à chaque pas par cette force musculaire des jambes et des cuisses. L'expérience nous démontre aussi que la pression absolue qu'un homme assis exerce avec ses jambes est très-vigoureuse et qu'elle équivaut au poids de 300 kilog., lorsque l'individu est robuste.

10. Si l'on parvient à faire agir simultanément la force musculaire des bras et celle des jambes, alors on produit ces sortes d'efforts extraordinaires dont quelques jongleurs savent tirer parti pour alimenter la curiosité publique. Le mécanicien peut également se servir du même moyen pour opérer dans les travaux utiles des efforts momentanés très-énergiques.

11. Dans la plupart des cas où la pression et la traction sont produites par la locomotion du corps de l'individu moteur, la force musculaire ne sert qu'à produire cette locomotion, et l'effort résulte presque uniquement du poids absolu ou relatif de l'individu. C'est ce que l'on observe toutes les fois que les hommes agissent sur les roues à tambour et à chevilles et sur les bascules, ou bien sur les plateaux mobiles et sur les échelles flexibles que j'ai inventées. On ne doit pas cependant trop généraliser cette proposition, et il est un cas qui appartient à la catégorie des *tractions par locomotion*, où l'expérience a démontré que la force musculaire ne se borne pas à produire la locomotion, mais contribue aussi à la traction simultanément avec le poids matériel du corps. C'est le cas où l'homme moteur agissant par la marche, tire ou pousse horizontalement sans faire usage de ses bras, comme quand il tire une charrette, et quand il travaille à la remonte des bateaux : il est prouvé que,

dans cette espèce de traction, l'effort qu'un homme vigoureux exerce, est supérieur à celui qui ne dépendrait que du poids relatif de son corps.

12. La vitesse, comme la pression, est absolue ou relative. L'absolue absorbe entièrement la faculté motrice de l'individu, anéantit toute pression, ou, pour mieux dire, la rend extrêmement faible; cette vitesse étant la plus grande de toutes celles que l'organisation vitale de l'individu agissant lui permette de produire, la durée n'en est que momentanée.

13. La vitesse relative se combine avec la pression. Ces deux élémens se modifient réciproquement: et ils suivent, dans leurs accroissemens et dans leurs diminutions, des proportions inverses.

14. La vitesse absolue moyenne des bras et des jambes ( J'appelle *moyenne* celle qui convient à un plus grand nombre d'individus ) semble être à peu près la même. L'observation indique que sa valeur est approximativement représentée par une longueur de trois mètres, parcourue en une seconde de temps. Les expériences nous manquent pour déterminer positivement la vitesse relative la plus avantageuse dans les diverses *pressions et tractions locomotives*; conséquemment nous nous bornerons à faire observer que, dans les travaux de longue haleine, les ouvriers laborieux qui agissent sur les machines, adoptent généralement la vitesse de huit décimètres par seconde.

15. Nous avons dit que la valeur des efforts continus dépend de la durée du travail, et que cette durée est elle-même dépendante de la fatigue. M. de Prony, dans un *Rapport* manuscrit sur les machines de M. l'abbé Demandres, qu'il a eu la bonté de me communiquer, établit une distinction très-lumineuse entre deux espèces de fatigue. « Le travail de l'homme, dit ce savant illustre, considéré quant à la fatigue qui en résulte,

produit sur son organisation deux effets qu'il faut bien distinguer ; le premier est un relâchement dans les muscles et les nerfs qui sont en action , au moyen duquel ils perdent leur élasticité et finissent par n'être plus propres à remplir leurs fonctions. La seconde est un épuisement, par la transpiration insensible des principes vitaux , qui fournit la nutrition. Cet épuisement a lieu dans l'homme sain , même lorsqu'il ne travaille pas ; il s'augmente beaucoup par l'exercice et le travail du corps. La première cause de fatigue est particulière à telle ou telle partie de l'individu , qu'elle affecte séparément , et dont elle peut arrêter ou diminuer la propriété agissante , sans produire le même effet sur d'autres parties. Ainsi , par exemple , un homme , après avoir agi dans une roue à timpan , a encore dans ses bras un principe d'action qui n'est pas à beaucoup près aussi diminué que celui qui existait dans les parties de son organisation qui servent à la marche. Quant à la seconde cause de fatigue , l'affaiblissement qui en résulte se communique à tout l'individu , et peut le rendre entièrement inhabile au travail , quoiqu'une seule partie de son organisation ait été agissante. M. *Lambert* , dans un *Mémoire sur la force de l'homme* (Mémoires de Berlin , 1776) et d'autres physiologistes , regardent la fatigue due à la marche , comme indépendante de celle due à l'action des bras de l'homme qui pousse ou tire , en supposant néanmoins , dans les diverses parties , une égale aptitude au travail , aptitude qui s'acquiert par l'habitude et l'exercice. Cette assertion ne saurait être prise dans une acception indéfinie , et il n'est pas présumable que M. *Lambert* ait pensé que la dépense des principes vitaux fournis par la nutrition ne soit pas augmentée lorsqu'au lieu d'une des parties de l'individu , on en met plusieurs en action. On doit donc regarder l'augmentation d'effet comme n'étant pas entièrement proportionnelle à l'aug-

mentation d'effort, à cause du plus grand épuisement des principes nutritifs, qui résulte de l'action simultanée de toutes les parties du corps; mais il faut observer : 1°. que, suivant l'opinion de physiologistes instruits, cette augmentation d'épuisement a très - probablement lieu dans un moindre rapport que l'augmentation d'effort; 2°. que la fatigue musculaire des bras et celle des jambes sont, au moins en partie, indépendantes l'une de l'autre. »

16. La meilleure des méthodes d'appliquer la force de l'homme aux machines est celle qui réunit au degré le plus éminent les conditions suivantes : 1°. que la quantité de mouvement produite soit la plus grande possible sans que l'action soit ni trop gênante, ni excessivement fatigante; 2°. que cette quantité de mouvement soit transmise, sinon dans toute son intégrité (ce qui est impossible), du moins avec un très-petit déchet; 3°. que l'agent moteur soit garanti de toute espèce d'accidens funestes; 4°. que la construction de l'organe récepteur soit à la fois simple, facile, solide, économique et d'un entretien léger; 5°. que le poids et le volume de cet organe soient les moindres possibles, sans cependant que cela nuise à aucune des considérations précédentes.

17. C'est d'après ces conditions que nous allons examiner les diverses espèces *d'organes récepteurs zooliques* : je nomme ainsi les organes qui sont destinés à recevoir l'action des êtres animés employés comme agens mécaniques. Il y a deux genres *d'organes récepteurs zooliques* : ceux mus par des hommes, et ceux mus par des animaux. Nous décrirons d'abord chaque organe, ensuite nous indiquerons les applications dont il est susceptible; et enfin nous observerons ses avantages et ses inconvéniens, en indiquant les moyens de corriger ou de diminuer ces derniers.

## ORDRE PREMIER. — RÉCEPTEURS.

## CLASSE PREMIÈRE. — ZOOLIQUES.

## GENRE PREMIER, Mus par les hommes.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *A traction verticale du haut en bas.*PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Corde passée sur une poulie fixe.*

18. DEUX branches descendent parallèlement. L'une d'elles est attachée au fardeau ou à la résistance quelconque que l'on veut faire mouvoir, l'autre reçoit l'action motrice de l'homme qui tire.

19. OBSERVATIONS. On doit donner au diamètre de la poulie une grandeur suffisante pour que la résistance que la corde oppose à sa flexion, n'absorbe pas une trop grande quantité de mouvement. Il serait à désirer que ce diamètre fût au moins douze fois plus grand que celui de la corde. Il faut que la poulie bien affermie sur son axe n'ait aucun autre mouvement que celui de rotation.

20. APPLICATIONS. Élever des fardeaux de toutes les espèces, et spécialement l'eau d'un puits au moyen d'un seau. Lorsqu'on élève des fardeaux en se servant du moyen dont nous parlons, on emploie quelquefois une seule poulie, et souvent on y substitue un système de moufles. — Manceuvrer les moutons, pour battre et enfoncer les pieux dans le terrain. Dans cette dernière application, plusieurs hommes à la fois agissent sur la corde qui soutient le mouton; alors, pour qu'ils puissent travailler librement, on attache à cette corde autant d'autres cordes, de moindre grosseur, qu'il y a d'ouvriers; elles partent toutes d'un même point; elles sont conséquemment divergentes, et produisent des tractions obliques qui détruisent en pure perte une portion notable de la quantité de mouvemens transmise

*De la composition des Machines.*

par les moteurs. J'ai mis en usage avec succès un moyen de remédier à cet inconvénient ; moyen que nous décrirons dans le cinquième livre.

DEUXIÈME VARIÉTÉ — *Corde attachée à un levier rotatif.* Pl. I, fig. 1.

21. OBS. Cet organe ne peut produire qu'un mouvement de dépression ; il exige un contre-poids ou une autre force étrangère pour compléter l'oscillation, c'est-à-dire, pour ramener le levier à sa situation primitive, lui faisant décrire, en sens inverse, la même portion d'arc de cercle déjà parcourue. Si l'arc décrit a une certaine amplitude, on conçoit aisément que l'angle que fait la ligne de traction avec le levier, est variable, et que l'effort produit varie également. On remédie à cet inconvénient en appliquant à l'extrémité du levier une gorge circulaire de bois dont la circonférence a pour centre le centre même de rotation ; cette gorge sur laquelle la corde se déploie, rectifie la variabilité.

22. APPLIC. Pompes hydrauliques. — Sonnerie des cloches. — Ouverture et fermeture des vannes adaptées aux coursiers et conduits d'eau. La figure 3, Pl. III, représente une application qui appartient à cette variété. C'est le chargement d'une pierre de taille sur un binard.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Double levier rotatif ou levier à bascule.* Pl. I, fig. 3.

23. Deux cordes sont attachées aux extrémités de ce levier à bascule ; et chacune d'elles est tirée alternativement par un homme moteur, de sorte que cet organe n'exige pas, comme le précédent, une force étrangère.

APPLIC. Pompes et quelques autres machines hydrauliques.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Levier à tige inflexible.* Pl. I, fig. 2.

24. Cette disposition permet à un seul homme de produire, sans aucun secours étranger, l'élévation et la dépression.

25. APPLIC. Celles indiquées à la deuxième variété.

OBS. La variabilité de l'angle ne peut être corrigée, dans cet organe, que par des moyens trop compliqués pour qu'on puisse utilement les employer.

CINQUIÈME VARIÉTÉ. — *Villebrequin*, ou axe vertical de petite dimension à rotation alternative. Pl. I, fig. 6.

26. Une corde est attachée par le milieu au point *a*, et par ses deux extrémités à la barre horizontale mobile *cc*. L'axe vertical est garni d'une masse de plomb *b*, qui fait l'office d'un volant. Pour faire agir cet organe, il faut que la corde soit enveloppée en partie autour de l'axe; alors on abaisse avec vitesse la barre horizontale; la corde, par ce mouvement, se développe; lorsqu'elle est entièrement développée, le mouvement imprimé à l'axe par l'abaissement de la barre continue encore, en vertu de la force inerte du volant, la corde s'enveloppe en sens contraire, et la barre remonte. On l'abaisse de nouveau; et ainsi de suite. Cet organe exige nécessairement un mouvement rapide.

27. APPLIC. Outils qui servent à trouser ou percer le bois, la pierre ou les métaux.

SIXIÈME VARIÉTÉ. — *Axe vertical de grande dimension à rotation alternative*. Pl. II, figure 5.

28. Cet organe, dont la figure indique clairement tous les détails, n'est autre chose que la variété précédente exécutée en grand. On voit qu'on peut y appliquer un nombre indéterminé d'ouvriers.

OBS. En imaginant cet organe, j'ai pensé que l'on pourrait en faire plusieurs applications utiles surtout aux machines qui exigent le travail simultané de plusieurs hommes, car ils agissent tous avec le même avantage; et cette manière d'appliquer la force de l'homme aux machines est une des plus commodes et des moins fatigantes que l'on puisse employer.

SEPTIÈME VARIÉTÉ. — *Cordes à nœuds de Berthelot. Pl. III, fig. 7 et 8.*

29. *aa*, tambour supérieur. — *bb*, tambour inférieur dont le diamètre est plus petit. — *cc*, Cordes à nœuds tendues entre les deux tambours. — *ddd*, hommes suspendus aux cordes à nœuds, de la même manière que les *badigeonneurs*, lorsqu'ils blanchissent ou recrépissent les façades des maisons. Ces hommes, par leur poids, font descendre les cordes et tourner les tambours, mais leur mouvement n'est pas continu; lorsqu'ils sont descendus au point le plus bas, il faut qu'ils détachent leur siège mobile, qu'ils remontent par une échelle à la hauteur du tambour supérieur, et qu'ils accrochent ce siège où ils se placent pour descendre de nouveau; toutes ces manœuvres font perdre beaucoup de temps.

Cette méthode de faire agir l'homme par son poids n'est pas exempte de danger; le travail est irrégulier et intermittent, et l'effet produit ne peut être que très-médiocre, attendu la perte considérable de temps.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *A traction verticale du bas en haut.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Té ou tige verticale à barre horizontale. Pl. I, fig. 5.*

30. L'homme moteur empoigne la barre horizontale avec ses deux mains, presse dessus, et il la relève alternativement.

APPLIC. Pompes hydrauliques — Instrument rural pour faire le beurre. — Grande scie verticale. (Pl. III, fig. 1.)

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Levier rotatif. Pl. I, fig. 4 et 10.*

31. La figure 4 représente un levier simple mu par un seul homme; la figure 10 représente un levier à deux branches dont les extrémités sont disposées de manière à pouvoir recevoir des barres sur lesquelles on peut faire agir plusieurs ouvriers. Par cette disposition ils agissent tous avec le même

avantage ; *bb*, bras de leviers insérés dans l'axe ; chacun de ces leviers porte des branches *cc*, garnies d'un anneau à leurs extrémités. C'est dans ces anneaux que passent les barres de bois *aa*, sur lesquelles les hommes agissent.

APPLIC. Pompes à incendie.

TROISIÈME ESPÈCE. — *A pression horizontale sans locomotion par la force musculaire des bras.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Tige horizontale qu'un ou deux hommes tirent et poussent alternativement.*

32. APPLIC. Scies. ( Pl. III, fig. 6. ) — Varlopes. — Outils à polir.

QUATRIÈME ESPÈCE. — *A pression horizontale par la force musculaire des jambes.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Plan horizontal flexible.* Pl. II, fig. 6.

33. J'ai imaginé cet organe, qui me paraît, sous plusieurs rapports, préférable à ceux précédemment inventés, pour produire une pression vigoureuse par la force musculaire des jambes. Deux cordes sans fin, parallèles, passent sur deux rouleaux *cc* : entre les deux cordes sont placées plusieurs traverses en bois, destinées à recevoir la pression du moteur. Les traverses engrènent avec des tasseaux disposés sur la surface des cylindres. Au-dessus se trouve un siège inamovible, sur lequel l'homme est assis lorsqu'il doit opérer.

Obs. Cet organe peut devenir utile et avantageux dans les circonstances qui exigent un effort vigoureux, mais de courte durée ; alors, avec un petit nombre d'ouvriers, on obtiendra une pression qui, par les méthodes ordinaires, en exigerait un nombre bien plus grand. Il est susceptible de recevoir simultanément l'action de plusieurs agens moteurs, agissant tous avec la même vigueur.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Roue horizontale à rayons*. Pl. I, fig. 12. *Plan et élévation*.

34. *a*, axe vertical; — *b b*, jantes de la roue; *ff*, rayons; — *c c*, banc sur lequel est assis l'homme qui exerce sa pression sur les rayons; — *d*, traverse contre laquelle l'homme appuie ses bras.

35. OBS. Cet organe est moins avantageux que le précédent, 1°. parce que son volume et sa pesanteur sont plus grands; 2°. si l'on doit y employer plusieurs ouvriers, ils sont nécessairement placés à des distances différentes du centre de rotation, et conséquemment leur position devient d'autant plus défavorable, qu'elle se rapproche de l'axe.

APPLIC. On se sert dans les arts d'un moyen analogue, lorsqu'on veut laisser à l'ouvrier la faculté d'agir avec ses mains; comme on observe, par exemple, dans les tours à potier.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Roue verticale à tasseaux*. Pl. I, fig. 15.

36. Cette roue jouit de la propriété qu'a le plan horizontal flexible, de recevoir l'action simultanée d'un nombre indéterminé d'hommes moteurs placés tous dans une position également avantageuse.

APPLIC. A des presses de diverses espèces.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Axe à chaise mobile*. Pl. I, fig. 16.

37. Plusieurs tasseaux *c c*, inamovibles, sont fixés sur le plancher, et sont disposés à égale distance, suivant la direction des rayons d'un cercle, dont le centre coïncide avec celui de rotation; une chaise *b* est soutenue par un rayon qui part de l'axe vertical *a*. L'homme moteur, étant assis, appuie ses pieds contre les tasseaux, et tourne en faisant tourner l'axe.

38. APPLIC. A quelques dévidoirs et à quelques machines à mouliner la soie.

CINQUIÈME ESPÈCE. — *A traction ou pression horizontale locomotive.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Homme tirant au moyen d'une corde ou d'une courroie posée en écharpe sur sa poitrine. Pl. I. fig. 11.*

39. APPLIC. Cabestans. — Traction des charrettes. — Remonte des bateaux.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Homme poussant une barre horizontale. Pl. I, fig. 11.*

40. APPLIC. Cabestans. — Pressoirs à vis. — Machines à curer, de Venise. — Calandres. — Moulins. — Grand chapelet horizontal à engrenage pour les épuisemens dans les travaux hydrauliques.

SIXIÈME ESPÈCE. — *Manivelles.*

41. On appelle *manivelle* en général une barre placée à l'extrémité de l'axe d'une roue, et munie d'une poignée pour être mise en mouvement par les bras d'un homme moteur, ou bien par une tige intermédiaire.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Manivelle simple. Pl. I, fig. 7.*

42. Cette manivelle, comme toutes celles que nous décrirons ensuite, a le désavantage de produire un mouvement irrégulier, occasioné par la variabilité de l'angle que fait la manivelle avec le bras de l'homme, ou avec la tige dans les variétés suivantes; on corrige l'irrégularité du mouvement au moyen d'un volant.

43. APPLIC. Elles sont trop nombreuses pour pouvoir être indiquées. La manivelle simple est employée presque dans toutes les petites machines qui ont l'homme pour moteur.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Manivelle à tige mue par les pieds de l'homme. Pl. I, figure 8.*

44. Cette méthode est très-commode dans une foule d'occasions où l'homme a besoin d'agir avec ses mains.

APPLIC. Meules à aiguiser, etc.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Manivelle à tige et à balancier vertical suspendu.* Pl. I, figure 9.

45. *aa*, balancier; — *d*, barre empoignée par l'homme moteur; — *bb*, tige; — *c*, manivelle.

Cette méthode offre la facilité d'adapter à la barre *d* un nombre quelconque d'ouvriers qui agissent tous avec un avantage égal.

APPLIC. Tours de grande dimension pour travailler de fortes pièces de métal ou de bois.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Manivelle à tige et à balancier vertical non suspendu.* Pl. II, fig. 3.

46. Le levier *a* tourne autour d'un axe dont les supports sont fixés dans le plancher; — *b*, tige, — *c*, manivelle.

La méthode précédente est plus généralement adoptée.

CINQUIÈME VARIÉTÉ. *Manivelle à tige et à balancier horizontal.* Pl. II, fig. 9.

47. *a*, levier dont on n'aperçoit pas dans la figure l'axe de rotation; — *b*, tige; — *d*, manivelle; — *ff*, volant, — *c*, axe tournant.

APPLIC. Aux moulins à bras. On adapte quelquefois à une même manivelle deux leviers à tige, qui agissent alternativement.

SEPTIÈME ESPÈCE. — *Treuil à levier.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Treuil à leviers fixes.*

48. APPLICATIONS. — Élever l'eau d'un puits au moyen d'un seau. — Élever toute autre espèce de fardeau.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Treuil à leviers mobiles.*

49. Ces treuils ont des trous vers leurs extrémités, pour re-

cevoir des barres qu'on y insère successivement. On emploie cette espèce de treuils, seulement, lorsque plusieurs hommes doivent agir à la fois pour élever un fardeau considérable.

APPLIC. Chèvres. — Grues. — Engins.

HUITIÈME ESPÈCE. — Roues.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Roue à chevilles*. Pl. I, fig. 17.

50. Cette roue, dont le rayon a ordinairement une longueur comprise entre un mètre et demi et trois mètres, est garnie, dans son pourtour, de chevilles distribuées régulièrement à des distances d'à peu près trois décimètres. L'homme moteur monte d'une cheville à l'autre comme la figure le démontre, et fait tourner la roue par le poids de son corps.

51. APPLIC. Aux chèvres, aux grues, et en général à la plupart des machines qui servent à élever des fardeaux considérables.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Roue à tambour*. Pl. I, fig. 18 et 19. *Face et profil*.

52. Deux systèmes de roues égales et parallèles sont placés sur l'axe, à la distance d'un ou de deux mètres l'un de l'autre. Revêtues de planches à leur circonférence, elles forment une espèce de tambour dans lequel un homme chemine. Pour faciliter sa marche, des tasseaux y sont placés de distance en distance, tiennent lieu d'échelons, et l'empêchent de glisser. On conçoit aisément que le poids du corps de l'homme fait tourner la roue, et qu'il ne change pas de place quoiqu'il ne cesse de marcher.

53. APPLIC. Aux machines qui élèvent les fardeaux. — Aux machines à curer. — Aux machines à mâter, et à plusieurs autres machines de grandes dimensions, mues par les hommes.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Roue à double force*. Pl. I, fig. 20.

54. M. *Auguste Albert* est l'inventeur de cet organe mécanique qui diffère de la roue à tambour, en ce que l'homme

*De la composition des Machines.*

marche extérieurement, et qu'à cet effet, le pourtour n'est point revêtu de planches, mais garni seulement de tasseaux éloignés l'un de l'autre d'à peu près trois décimètres, et engagés à demi-bois dans les jantes des roues. Ces tasseaux servent d'échelons. A côté de la roue, est placée une cabane *a*; — *c* plancher sur lequel l'homme se pose, lorsqu'il cesse d'agir; — *d* toit de la cabane. On voit que l'homme qui travaille, se trouve parfaitement abrité; et qu'il exerce son action de la manière la plus avantageuse, ayant continuellement pour bras de levier le rayon entier de la roue.

55. OBS. *sur ces trois variétés de roues.* Elles ont les inconvéniens suivans: 1°. d'être très-coûteuses; 2°. d'exiger un vaste emplacement; 3°. de n'être transportables d'un lieu à un autre qu'avec beaucoup de difficulté et de temps; 4°. d'être, par leur grand poids et volume, sujettes à des frottemens considérables et à d'autres résistances passives, qui absorbent en pure perte une notable portion de la quantité de mouvement fournie par l'agent moteur; 5°. de n'admettre simultanément que l'action d'un très-petit nombre d'hommes, et encore d'une manière si désavantageuse, qu'à l'exception d'un ou de deux, ils ne peuvent coopérer qu'avec une portion très-médiocre de leur force; 6°. d'avoir un mouvement irrégulier.

56. APPLIC. — Aux grues établies sur les ports pour décharger les bateaux — Aux engins employés dans les carrières. — Aux bateaux à remorque.

NEUVIÈME ESPÈCE. — *Échelle flexible.* Pl. II, fig. 2.

57. J'ai inventé l'*échelle flexible et sans fin*, pour remplacer les *roues zooliques* que nous venons de décrire, en conservant toutes leurs propriétés utiles, sans en avoir les inconvéniens. Sa forme est analogue à celle des chapelets hydrauliques. Elle

est tendue entre deux tambours cylindriques dont les diamètres ont à peu près un mètre. Une hauteur de trois mètres lui suffit. Elle n'est pas parfaitement verticale; une petite inclinaison de 10 à 15 degrés en facilite la montée. Des cylindres ou échelons en bois du diamètre de 5 à 6 centimètres sont réunis parallèlement entre eux, à la distance de trois décimètres, par deux cordes insérées dans des trous pratiqués à leurs extrémités. Des nœuds formés sur ces cordes déterminent et maintiennent l'écartement des cylindres. Pour plus de solidité, on pourra substituer aux cordes, quand on le jugera convenable, des chaînes à la Vaucanson. Telle est la construction de l'échelle flexible.

58. Les tambours sont composés de deux plateaux circulaires recouverts de planches. Des tasseaux parallèles sont disposés à la distance de trois décimètres l'un de l'autre, sur la surface convexe de chaque tambour, de façon que les cylindres de l'échelle flexible font avec ces tasseaux une espèce d'engrenage continu.

59. Que l'on suppose maintenant l'échelle flexible placée sur les tambours de la manière indiquée, et que l'on suppose aussi une résistance quelconque adaptée à l'axe prolongé d'un des tambours; si un homme monte d'un cylindre à l'autre, il fera nécessairement tourner les tambours et mouvoir la résistance avec un mouvement continu et uniforme, pourvu que cette résistance soit constante. La simplicité de cet organe mécanique est telle, qu'il peut être construit par un ouvrier de la plus médiocre intelligence.

60. L'échelle flexible, comparée aux *roues zooliques*, présente les avantages suivans: 1°. un espace de trois mètres de hauteur et de deux mètres en carré de base lui suffit; tandis que la plus petite roue à tambour, ne pouvant avoir moins de quatre mètres de diamètre, exige un emplacement proportionné à la grandeur de son volume,

2°. La médiocrité du poids et du volume de l'échelle flexible permet de l'adapter avec facilité et sans inconvénient aux machines destinées à être transportées successivement d'un lieu à un autre; tandis que les roues à tambour, dont le poids est souvent de deux ou trois milliers, opposent, dans presque tous les cas, de graves difficultés à leur déplacement.

3°. Cette même médiocrité de poids et de volume rend nécessairement les frottemens et autres résistances passives moindres dans l'échelle flexible que dans les roues.

4°. La construction de l'échelle flexible est incomparablement moins coûteuse et plus facile que celle de toutes les espèces de roues.

5°. L'action exercée par les hommes moteurs sur les roues à tambour et à cheville est irrégulière, puisqu'ils peuvent, en s'élevant à une hauteur plus ou moins grande, faire varier la distance du point d'application à la verticale qui passe par le centre du mouvement; au contraire, dans l'échelle flexible, cette distance est invariable, et elle jouit ainsi de la propriété précieuse de rendre uniforme l'action du moteur.

6°. Il suffit d'augmenter la longueur des tambours et d'y adapter plusieurs échelles flexibles, pour y faire agir simultanément plusieurs hommes, lesquels ne pourront s'empêcher d'opérer tous concordément avec le poids de leur corps à un même éloignement du centre de rotation; tandis que, dans les énormes roues de huit à neuf mètres de diamètre, destinées à recevoir l'action de sept à huit hommes, il n'y en a que deux ou trois qui puissent agir avec quelque vigueur; les autres sont placés si défavorablement, qu'ils ne déploient qu'une petite portion de leur force.

7°. Les hommes qui agiront sur l'échelle flexible, ne seront

exposés à aucun des accidens funestes, si fréquens dans les grandes roues ordinaires.

61. Si l'on compare ensuite l'échelle flexible aux manivelles, on trouvera : 1°. que la manivelle est essentiellement irrégulière dans son mouvement, et qu'elle exige l'emploi d'un régulateur qui ne peut exercer son action qu'au dépens de la force motrice, et qu'au contraire le mouvement de l'échelle flexible est régulier par lui-même.

2°. La manivelle favorise singulièrement la paresse et la mauvaise volonté des ouvriers, et elle est, sous ce rapport, extrêmement désavantageuse, comme le savent tous les ingénieurs qui ont eu occasion de l'employer dans de grands travaux ; l'échelle, au contraire, obligera les mêmes ouvriers à déployer toute leur vigueur.

62. On m'objectera peut-être, que l'action des hommes sur les échelles sera aussi fatigante que vigoureuse ; oui, sans doute, elle sera fatigante, mais pas plus que sur les roues, et notamment que sur la *roue à double force* qui, suivant moi, est la plus parfaite des *roues zooliques*, malgré quelques inconvéniens qui lui sont propres. (On voit une application de la roue à double force à la grue du port du Louvre.) La manière dont un homme monte d'un échelon à un autre dans cette roue, est identiquement la même que sur l'échelle flexible.

63. APPLIC. Parmi une foule d'applications utiles que l'on peut faire de l'échelle flexible, je n'en indiquerai que quelques-unes.

La substitution de l'échelle aux roues dans les *grues*, *singes*, *faucons*, et autres engins en usage dans les constructions, pourra leur donner un degré de simplicité et de légèreté auquel on n'était pas encore parvenu. Ces espèces de machines ainsi modifiées procureront deux sortes d'économies, c'est-à-dire,

économie sur leur propre construction, et économie sur les volumineux échafaudages dont on se sert maintenant pour les supporter.

64. Cette substitution, appliquée aux machines à curer, en usage dans les ports, pourra diminuer de plus d'un tiers les frais de construction, donnera plus de stabilité au ponton par l'abaissement du centre de gravité, donnera la facilité de mettre les ouvriers à l'abri du soleil et de la pluie; et les ouvriers employés produiront un plus grand travail, à égalité de circonstances.

65. Appliquée aux grandes machines à mâter, et spécialement à celles en maçonnerie, comme le sont les machines de Copenhague et de Venise, elle offrira un grand moyen d'économie par la diminution des dimensions du plan de la tour, qu'on pourra alors pratiquer sans inconvéniens.

66. Dans les travaux hydrauliques, l'échelle flexible pouvant être disposée avec facilité sur les batardeaux et sur les ponts de service, on pourra l'adapter avantageusement aux pompes, aux chapelets et autres machines d'épuisement.

67. L'échelle flexible, à cause de la médiocrité de son volume, pourra être placée dans un grand nombre d'ateliers où l'emploi des roues était impraticable.

DIXIÈME ESPÈCE. — *Roues zooliques, obliques ou horizontales.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Roue zoolique oblique. Pl. I, fig. 13.*

68. Un homme, appuyé à une traverse fixe *a*, communique, en marchant, le mouvement à cette roue, qui *a*, comme on le voit, beaucoup d'analogie avec la roue à tambour. Son obliquité entraîne plusieurs inconvéniens dans la transmission du mouvement. Elle n'a été employée qu'un petit nombre de fois.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Roue zoolique horizontale*. Pl. I, fig. 14.

69. Elle ne diffère de la précédente que par sa position.

ONZIÈME ESPÈCE. — *Bascules*.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Bascule mue par un seul homme*. Pl. II, fig. 4.

70. *b*, représente la bascule; — *a*, est une traverse suspendue au point fixe *c*, au moyen d'une courroie ou d'une corde; — *d d*, sont deux tiges de communication entre la bascule et la traverse. L'homme porte alternativement le poids de son corps d'un côté et de l'autre de la bascule; la barre qui lui sert de soutien, lui donne la faculté de s'incliner considérablement sans danger de tomber.

APPLIC. A des pompes hydrauliques.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Bascule mue par deux hommes*. Pl. II, fig. 8.

71. Les deux hommes, montant et descendant alternativement, transmettent le mouvement à la bascule.

APPLIC. Cette méthode réunit plusieurs avantages importants. Les hommes agissent avec tout le poids de leur corps. Le travail n'est ni incommode ni fatigant. L'organe est d'une très-grande simplicité. On peut l'employer avec beaucoup d'utilité dans les travaux hydrauliques.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Bascule à manivelle*. Pl. II, fig. 7.

72. Quoique la figure n'indique qu'une seule bascule *a b*, il doit y en avoir une autre en sens contraire; les deux bascules agissent alternativement. Un des hommes monte, tandis que l'autre descend; — *d*, indique la manivelle; *m*, la tige intermédiaire entre la bascule et la manivelle; — *ff*, le volant nécessaire pour rendre le mouvement uniforme et continu.

APPLIC. A des moulins.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Bascule à arc de cercle.* Pl. III, figures 9 et 12.  
*Élévation et plan.*

73. Cette bascule, inventée par *Berthelot*, a pour but de produire un mouvement circulaire alternatif dans un plan horizontal. Elle n'a pas, comme les autres bascules, un point de rotation fixe, mais elle tourne et est soutenue sur l'arc *a a*. Cet arc est double, et les deux faces qui le composent, laissent entre elles un espace vide dans lequel l'arbre peut tourner, comme le plan (fig. 12) le démontre. L'arc porte de chaque côté un petit plancher *b b*, sur lequel se place l'homme qui doit agir. Une barre verticale *c* s'élève de chacun de ces planchers, et elle sert d'appui à l'homme moteur. Deux cordes *d d* s'enroulent en sens contraire sur l'arc vertical, et vont aboutir aux barres verticales *c c*.

On conçoit que, si deux hommes sont disposés comme la figure l'indique, c'est-à-dire, que si l'un d'eux est placé sur un des côtés de la bascule, tandis que le second, monté sur une petite éminence, attend que l'autre soit descendu pour se placer à son tour de l'autre côté, la bascule tournera alternativement de droite à gauche, et de gauche à droite, en vertu du poids des ouvriers. La bascule, en tournant, tire une des cordes, la développe, et fait enrouler la seconde corde en sens inverse, de sorte que l'axe vertical est obligé de tourner tantôt dans un sens, et tantôt dans l'autre. On peut avec facilité transformer son mouvement alternatif en mouvement circulaire continu, par une des méthodes que nous indiquerons dans le second livre.

J'ignore si cette invention de *Berthelot* a jamais été employée.

CINQUIÈME VARIÉTÉ. *Bascule à mouvement alternatif rectiligne.* Pl. III, fig. 4.

74. Cette sorte de bascule a été, comme la précédente, ima-

giné par *Berthelot*. *a*, est une poulie sur laquelle passe une corde ou une chaîne. Les extrémités de cette corde ou de cette chaîne sont attachées à deux pièces de bois verticales *b b*. Ces deux pièces traversent une poutre horizontale *c c*, où elles peuvent librement se mouvoir du haut en bas comme dans une coulisse. Deux plateaux *d d* sont insérés dans les pièces *b b*. Il est évident que, si un homme monte alternativement d'un plateau à l'autre, le poids de son corps communiquera à la bascule un mouvement alternatif, rectiligne et vertical.

SIXIÈME VARIÉTÉ.— *Bascule à double pression* de M. Démandres. Pl. III, fig. 14.

75. Nous allons transcrire la description de cet organe donnée par M. de *Prony*, dans le rapport que nous avons cité (15).

Trois axes horizontaux, parallèles entre eux, ont des mouvements alternatifs de rotation, dépendant les uns des autres; celui du milieu porte une bascule sur laquelle l'homme agit avec son poids, à la manière ordinaire; à chacun des axes latéraux est adapté un levier coudé, dont une des branches est mue par celui des bras de l'homme qui lui correspond, et dont l'autre branche, terminée en secteur de cercle qui a pour centre le centre de mouvement du levier, est liée à l'axe du milieu, ainsi qu'il suit : Une chaîne est attachée au point le plus haut du secteur, et au point le plus bas de l'axe du milieu, et s'applique exactement sur la demi-portion supérieure du secteur et sur le quart inférieur de la circonférence de l'axe du milieu. D'après cette disposition, soit qu'on pousse ou qu'on tire celles des branches de leviers auxquels la main de l'homme est appliquée, l'impulsion se communique toujours à l'axe du milieu à cause de l'enroulement continu et de la tension des chaînes; et cet axe du milieu tend à tourner dans un sens opposé à celui dans lequel tournent les axes des leviers.

*De la composition des Machines.*

76. Ceci conçu, supposons que l'homme pèse, par le poids de son corps, sur une des branches de la bascule, tire en même temps à lui le levier qui se trouve d'un côté de cette branche, et repousse le levier opposé, on voit que ces trois efforts tendront tous à faire tourner l'axe de la bascule dans le même sens; si, ce premier mouvement achevé, l'homme reporte le poids de son corps sur l'autre branche de la bascule, et fait avec ses bras le mouvement inverse de celui qu'il a fait précédemment, la simultanéité de ces trois actions tendra à faire tourner l'axe de la bascule dans un sens contraire à celui dont nous venons de parler, et ainsi de suite.

77. L'homme ainsi employé agira donc sur l'axe de la bascule avec un effort combiné, résultant de l'action simultanée des muscles qui se rapportent aux bras, aux reins, aux cuisses et aux jambes. Il n'est pas douteux que l'effort total qui en résulte ne soit supérieur à celui qui résulterait de chacune de ces causes, considérée isolément. Sous ce point de vue, on est déjà assuré d'un moyen de produire un effet de courte durée, qui exigerait un grand effort, et pour lequel on ne pourrait disposer que d'un petit nombre d'ouvriers.

78. Mais l'objet intéressant de recherche, dans cette matière, est relatif à la durée de l'action dans des travaux de longue haleine, durée telle que les manœuvres ne se trouvent pas obligés d'excéder leurs fatigues ordinaires. On sait que le battage des pieux, le dragage, le travail des pompes dans les épuisemens, etc., s'exécutent par relais; c'est-à-dire que les hommes, après avoir travaillé pendant un temps déterminé, comme une heure, par exemple, sont relayés par d'autres qui travaillent le même temps, et ainsi de suite, alternativement. Or si, en employant le moyen de M. *Démardres*, on est obligé, pour ne pas excéder les hommes de fatigue, de diminuer la durée du relai.

dans la proportion de l'augmentation de l'effort, on perdra en temps ce qu'on gagne en force et ultérieurement, ou l'effet total ne sera pas augmenté, ou la dépense le sera. Si, au contraire, la durée d'un relain'est point diminuée, ou qu'elle le soit dans une proportion plus petite que celle de l'augmentation de l'effort, alors on perdra moins sur le temps, qu'on ne gagnera sur l'effort, et un même ouvrage occasionera une plus petite dépense par ce nouveau procédé que par les anciens.

79. Les expériences de M. *Démandres* ne fournissent aucun moyen de donner sur ces objets de recherche des résultats exacts ; il serait à désirer qu'elles eussent été dirigées de manière à en conclure la valeur précise ou au moins approchée du produit qu'on doit toujours connaître, pour pouvoir juger de l'effet d'un moteur animé, savoir le produit de la durée de l'action par l'effort et par la vitesse correspondans ; malheureusement les conclusions qu'il a tirées de ses expériences sont trop vagues pour rien nous apprendre à cet égard. Des épreuves partielles et de courte durée sont insuffisantes pour fournir de pareilles données qu'on doit déduire d'observations faites sur des travaux de longue haleine, et exécutés par un grand nombre d'ouvriers. Il y a cependant des probabilités assez grandes, conclut M. *de Prony*, pour penser qu'en se servant du moyen de M. *Démandres*, on obtiendra, toutes choses égales d'ailleurs, un plus grand effet que par la manière ordinaire d'employer la force de l'homme ; il paraît ne rester d'incertitude que sur la quantité précise de cette augmentation d'effet qui, quelque petite qu'elle soit pour un individu, devient toujours un objet important, lorsqu'il s'agit d'employer un très-grand nombre d'ouvriers pendant une ou plusieurs campagnes.

80. (Pl. III, fig. 14) représente la bascule ; à la partie inférieure est adapté un demi-cercle *bd* ; — *e a*, et *f*, sont les leviers

sur lesquels l'homme agit par sa force musculaire, en poussant l'un et en tirant l'autre. Une chaîne est attachée au point 1 de la bascule *b d*, et au point 3 du quart de cercle réuni au levier *e a*. Une seconde chaîne part du point 1, et va au point 4. On conçoit aisément comment, par cette disposition, les trois forces résultantes du poids de l'homme, de sa pression sur le levier *e a*, et de sa traction sur *f*, coopèrent simultanément à produire un effort vigoureux sur la bascule *b d*.

DEUXIÈME GENRE. — Récepteurs zooliques mus par des chevaux.

81. On peut se servir de la force des chevaux pour imprimer le mouvement aux machines de deux manières différentes, 1°. par la traction locomotive, 2°. par le poids matériel de leur corps. La première manière est la plus usitée. L'expérience a prouvé que l'effet continu moyen qu'un cheval exerce par la traction locomotive, est à celui qu'un homme produit d'une manière analogue comme 7 est à 1. Les mécaniciens ne sont pas d'accord dans l'évaluation de l'effet journalier qui résulte du travail d'un cheval de moyenne force. MM. *Watt* et *Bolton* admettent qu'un cheval, travaillant huit heures par jour, peut élever à la hauteur d'un mètre un poids de 265,360 kil.; ce qui fait environ 265 mètres cubes d'eau. *Sméaton* n'évalue cette force qu'à 190 mètres, et M. *Clément* plus bas encore, à 100. Je crois que l'évaluation de *Sméaton* est celle qui mérite la préférence. Au moyen du dynamomètre de M. *Regnier*, on a reconnu que la traction absolue moyenne d'un cheval ordinaire est de 400 kilogrammes. La traction relative moyenne dans un travail continu est équivalente à 60 ou 70 kil. La vitesse relative moyenne d'un cheval qui tire pendant une journée de travail, est d'à peu près un mètre par seconde. Il faut observer qu'en général le travail des chevaux employés à mouvoir les machines est beaucoup plus fatigant que celui des chevaux qui servent

aux transports, et que conséquemment l'effet qu'ils produisent est beaucoup moindre.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Manège.*

82. On donne le nom de *manège* à un organe composé d'un treuil horizontal dans lequel sont insérées des barres ou leviers que l'on appelle indifféremment *flèches* ou *volées*. A l'extrémité de ces flèches est attaché le cheval, lequel, en marchant, fait tourner le treuil, et décrit une circonférence de cercle qui a pour rayon la longueur de la flèche prise depuis le centre du mouvement jusqu'au point où le cheval est attaché. Le diamètre du cercle doit avoir au moins 13 à 14 mètres. S'il était moindre, le cheval perdrait une portion de sa force d'autant plus grande que le diamètre serait petit.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Manivelle à manège.* Pl. III, fig. 10.

83. Le journal des mines (an 7, n°. 3) donne la description de cet organe, qui est composé de deux ou plusieurs bras de leviers B B (ou flèches), à l'extrémité desquels on attache des chevaux, et qui sont soutenus à leur réunion par un pivot vertical A. Un des bras porte à une certaine distance du pivot un boulon de fer aussi vertical C. Des trous pratiqués dans la flèche facilitent le moyen d'éloigner plus ou moins le boulon du pivot, suivant le besoin. Ce boulon reçoit à sa partie supérieure une des extrémités d'un tirant horizontal ou bièle, qui répond par l'autre à un balancier en croix ou varlet auquel est attaché le tirant vertical qui communique le mouvement à la machine.

84. Les chevaux font mouvoir circulairement les bras de levier autour du pivot A, qui est le centre immobile du mouvement; le boulon C se meut aussi lui-même autour de ce centre commun: on peut donc considérer la partie de la flèche qui est

comprise entre le boulon et le pivot, comme le bras de levier d'une manivelle dont l'extrémité portant le boulon, mue circulairement par la marche des chevaux, parcourt successivement tous les points d'une circonférence qui a pour diamètre le double de la distance comprise entre le boulon et le pivot; de sorte que, dans chaque révolution, le boulon, entraînant avec lui le tirant horizontal, le tire en arrière et le ramène en avant, d'une quantité égale au diamètre dont nous venons de parler; ce qui donne lieu à un mouvement progressif et rétrograde ou de va et vient. Ce mouvement, au moyen d'une *bièle* D, est communiqué à la machine.

On a fait l'application de cet organe à des pompes.

85. Une manivelle à manège appliquée à des pompes fut exécutée à l'école militaire de Paris sur les plans de M. *Laurent*. Toutes ses parties sont en fer. Deux flèches ou volées fortement arquées, de 4 mètres et demi, en se réunissant par le haut, posent sur un pivot porté sur une pyramide de maçonnerie. Deux chevaux font mouvoir circulairement cet assemblage. L'une de ces volées porte au plus haut de son épaulement, à la distance de 6 décimètres du centre de mouvement, un boulon qui reçoit un anneau auquel sont attachés quatre tirans de 7 mètres de long, lesquels répondent par l'extrémité opposée à une demi-croix, et par ce moyen font mouvoir chacun la tige d'un piston.

86. La distribution du mouvement entre ces quatre pompes, le rend plus égal et plus uniforme. Les chevaux travaillent, sans beaucoup se fatiguer, huit heures par jour à cette machine. Chacun des pistons a 14 centimètres de diamètre. Leur levée est de deux mètres, et la profondeur de la puisée est de 14 mètres. Les quatre pompes, prises ensemble, contiennent 0,92 de mètre cube d'eau, dont le poids est de 875 kilog. Le poids des équipages est de 300 kilog. : ainsi, on a à vaincre un poids total

de 1175 kil. Les deux chevaux font produire à cette machine, par une marche uniforme, environ un muids d'eau par minute.

87. Cette machine, qui n'exige point de charpente, peut être déplacée et transportée aisément d'un lieu à un autre. Sans être massive, elle est d'une très-grande solidité, et pendant le travail on n'entend pas le moindre bruit.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Manège à flèches horizontales.* Pl. II, fig. 15.

88. L'expérience ayant fait connaître qu'il est avantageux que les traits d'un cheval qui tire, au lieu d'être exactement horizontaux, soient inclinés du bas en haut, de 15 à 20 degrés, il faudra donc régler la hauteur des flèches, et leur insertion dans l'axe, d'après cette règle pratique. Les flèches *bb* doivent être soutenues par des pièces de bois *aa*, qui font l'office d'arc-boutans. D'autres pièces placées horizontalement, que l'on ne peut apercevoir dans la figure, maintiendront les flèches dans leur position, et les rendront inébranlables.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Manège à flèches obliques.* Pl. II, fig. 15.

89. Cet organe ne se distingue du précédent que par la position des flèches, position qui permet de disposer quelques autres parties de la machine sous ces flèches, ce qui est fort avantageux dans plusieurs circonstances. Dans les colonies on emploie le manège à flèches obliques pour mouvoir les rouleaux qui servent à écraser les cannes à sucre.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Roues verticales.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Roues mues par des chevaux, en se servant de leurs jambes de derrière.* Pl. II, fig. 10.

90. La figure ne marque qu'un fragment de la roue, qui, dans son pourtour, est garnie de palettes obliques. Le cheval est placé sur un plancher immédiatement au-dessus de la roue. Un

trou pratiqué dans ce plancher, correspondant aux jambes de derrière du cheval, l'oblige à poser ses jambes sur les palettes de la roue; d'un autre côté, étant lié au poteau *a*, il ne peut changer de position.

91. Le cheval se trouvant disposé de la manière indiquée, on conçoit que le poids de son corps agit sur la roue et la met en mouvement, ce qui l'oblige de marcher, sans cependant changer de place. Ce moyen, extrêmement fatigant et pénible pour le pauvre animal condamné à cette espèce de travail, n'a été employé qu'un petit nombre de fois.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Roue mue par des buffles ou des bœufs.* Pl. III, fig. 13.

92. Sur une roue construite, et disposée comme la précédente, on place un bœuf ou un buffle. Devant l'animal se trouve un ratelier et une auge remplis de foin; sa queue est suspendue à une espèce de ressort *b*, formé par une perche de bois attachée au plafond.

Dans plusieurs contrées, et spécialement en Amérique, on fait usage de cette méthode. On a remarqué que, quoique le travail des animaux qu'on emploie soit très-pénible, il ne les empêche pas cependant d'engraisser. Souvent on fait agir simultanément plusieurs bœufs placés de front; il suffit dans ce cas de donner une longueur suffisante à la roue.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Roue mue par des chevaux, en se servant de leurs jambes de devant.* Pl. II, fig. 12.

93. *b* représente une portion de la circonférence de la roue sur laquelle un cheval monte avec ses jambes de devant. Cette roue est garnie de taquets *ll*; les jambes de derrière du cheval sont appuyées sur un plancher, et, sa bride étant attachée à un point fixe, il ne peut ni s'éloigner, ni cesser de travailler. Cette

méthode, moins pénible et moins dangereuse que celle de la première variété, produit aussi un effort moindre.

TROISIÈME ESPÈCE. — *Roue oblique.*

*Roue mue par des bœufs.* Pl. II, fig. 11.

94. Cette roue, dont l'axe fait un angle de 30 à 40 degrés avec la verticale, forme une espèce de plan incliné circulaire, sur lequel on place un ou plusieurs bœufs qui, par le poids relatif de leur corps, lui communiquent le mouvement, et marchent continuellement sans changer de place. Le plan incliné circulaire sur lequel les animaux cheminent, est bordé intérieurement et extérieurement de deux parapets *b b* en planches. Une porte est pratiquée dans le parapet extérieur pour introduire les animaux; elle se ferme derrière eux aussitôt qu'ils sont entrés, et ils se trouvent ainsi emprisonnés entre les parapets; le mouvement que le poids de leur corps communique à la roue, les excite et les oblige à marcher.

APPLIC. Dans la Romagne et dans plusieurs autres provinces d'Italie, on voit plusieurs moulins mis en mouvement par des bœufs ou par des buffles placés dans des roues de cette espèce, qui ont l'inconvénient d'être excessivement volumineuses, lourdes et coûteuses; elles exigent de fréquentes réparations, et leurs pivots éprouvent un frottement très-considérable.

QUATRIÈME ESPÈCE. — *Plan incliné flexible.* Pl. II, fig. 13.

95. Les défauts de la roue précédente m'ont induit à chercher un moyen analogue de produire le même effet, au moyen d'un organe plus simple, moins coûteux, moins volumineux, et où les animaux pussent agir plus commodément; j'ai cru que le plan incliné flexible remplissait toutes ces conditions. Composé de simples planches réunies entre elles par

des charnières, il se replie sur deux cylindres *a a*. Des barres parallèles, placées régulièrement sur ces cylindres, engrent avec les charnières *ll*, qui servent ainsi à un double usage, de rendre flexible le plan incliné, et de coopérer à son mouvement. Des taquets *2 2*, placés de distance en distance, garnissent la partie supérieure du plan incliné, et empêchent que le cheval moteur ne glisse dans sa marche. Sur ce plan, dont l'inclinaison est de 30 à 40 degrés, on place un cheval, un bœuf ou un buffle qui, obligé de marcher sans changer de place, fera mouvoir le plan flexible par le poids relatif de son corps.

96. Cet organe récepteur jouit de l'avantage de pouvoir être placé dans les lieux les plus resserrés : deux mètres de largeur et trois à quatre de longueur lui suffisent ; il peut conséquemment devenir d'une très - grande utilité dans les locaux trop circonscrits pour pouvoir y disposer un manège ; il jouit en outre de la propriété de pouvoir recevoir l'action simultanée d'un nombre quelconque d'animaux, qui tous produiront un effort égal.

CINQUIÈME ESPÈCE. — *Plateaux mobiles*. Pl. II, fig. 16.

97. Dans toutes les méthodes précédemment énoncées de faire agir les animaux par le poids de leur corps, il n'y a qu'une portion de ce poids qui puisse agir activement ; par celle des plateaux mobiles que j'ai imaginée, on emploie entièrement le poids du cheval et celui même de son conducteur. Sur une roue *d*, de 3 à 4 mètres de diamètre, je fais passer une corde *m m* ou une chaîne, aux deux extrémités de laquelle je suspends deux plateaux *a a*, formés par de solides madriers ; chacun de ces plateaux est retenu entre quatre coulisses verticales *c c*, qui leur laissent libres l'ascension et la descente, mais leur interdisent toute autre espèce de mouvement. Des rampes conduisent au

sommet de la charpente qui renferme les coulisses. Les chevaux montent le long de ces rampes ; arrivés au sommet , ils se mettent sur un des plateaux , l'entraînent , descendent , et font tourner la roue à laquelle sont adaptés les organes que l'on veut faire mouvoir ; arrivés au bas de la descente , ils sortent par une porte pratiquée en ce lieu , remontent le long de la rampe , pour se placer de nouveau sur un des plateaux ; et ainsi de suite.

---

## CHAPITRE II.

### *De l'Eau considérée comme Moteur.*

98. TOUTES les fois que l'on se propose d'employer la force impulsive de l'eau pour animer une machine quelconque , il est nécessaire d'en connaître préalablement la valeur : sans cette connaissance , on ne saurait ni proportionner , ni disposer convenablement les parties de la machine.

99. Il y a des cas où le courant d'eau est éloigné de l'emplacement que la machine doit occuper , et où l'établissement d'un canal intermédiaire est indispensable. Dans ces cas , il faut , avant tout , relever le plan du terrain compris entre le courant et l'emplacement de la machine , tracer la ligne que le canal doit suivre , d'après un examen attentif des circonstances locales , et faire un nivellement exact le long de cette ligne. Le nivellement a pour but , non-seulement de déterminer la hauteur de la chute d'eau , mais aussi de fournir les élémens du calcul des déblais et remblais que la confection du canal exigera (a).

---

(a) Les lecteurs qui désirent acquérir des connaissances exactes et étendues sur le nivellement , doivent consulter l'excellent traité que M. *Fabre* a composé sur cette importante opération pratique.

100. Si la machine doit être placée sur le courant d'une rivière ou sur le bord d'un canal déjà existant, alors il suffit de déterminer, par des observations bien faites, la masse d'eau disponible, la vitesse et la valeur absolue de sa force impulsive.

*Méthodes pour mesurer la vitesse de l'Eau.*

101. On détermine la masse d'eau en mesurant une section du canal perpendiculaire à la direction du courant, et en multipliant la surface de cette section par la vitesse, c'est-à-dire, par la longueur de la ligne que parcourt l'eau en une minute.

102. On connaît plusieurs méthodes de mesurer la vitesse d'un courant. La plus usitée est d'abandonner un flotteur au gré du courant, et de fixer en combien de temps il parcourt un espace déterminé. Pour cet effet, on place deux observateurs sur le bord du canal; on mesure la distance qui les sépare. Devant chaque observateur on place deux jalons, dont les directions, perpendiculaires à la ligne qui suit le courant, sont parallèles entre elles. Les observateurs étant disposés, on lâche le flotteur un peu au dessus du premier qui, au moment précis où ce flotteur se trouve sur la direction des jalons, tire un coup de pistolet, ou donne un autre signal quelconque, pour avertir son compagnon: alors tous les deux comptent en même temps les oscillations d'un pendule, ou ils observent les secondes marquées par l'aiguille d'une montre, pendant que le flotteur parcourt l'espace entre les observateurs; aussitôt qu'il se trouve dans la direction des jalons du second, celui-ci fait un signal, et les deux cessent de compter. On répète cette opération plusieurs fois, et on prend la valeur moyenne entre les divers résultats. Le flotteur doit s'enfoncer presque entièrement, pour être moins exposé aux agitations de l'air.

103. *Mariotte*, ayant observé que l'eau d'une rivière ne va pas également vite à sa surface et dans les autres parties, et que, proche du fond, l'eau est beaucoup retardée par la rencontre des pierres, des herbes et des autres inégalités, détermina ces différentes vitesses dans une petite rivière coulant uniformément. Il prit pour cela deux boules de cire attachées à un fil de 3 décimètres de longueur; l'une était chargée de petites pierres dans le milieu, pour rendre sa pesanteur spécifique un peu plus grande que celle de l'eau, en sorte que, quand les deux boules étaient dans l'eau, la plus pesante faisait bander le fil, et enfoncer la plus légère plus qu'elle n'aurait fait toute seule; et, par ce moyen, sa partie supérieure était presque à fleur d'eau, afin que le vent n'eût point de prise sur elle. Il observa toujours que la boule d'en bas demeurait en arrière, principalement aux endroits où il y avait quelques herbes au fond de l'eau, près desquelles la boule inférieure passait; car la rivière n'avait qu'environ un mètre de profondeur. Mais lorsqu'on mettait ces mêmes boules en un endroit où l'eau, rencontrant quelque obstacle, s'élevait un peu, et ensuite prenait un cours plus rapide, comme on le remarque sous les ponts; la boule inférieure devançait la supérieure. On voit par cet exemple, que, la vitesse augmente ou diminue, de la surface au fond, selon les circonstances. Naturellement la vitesse devrait toujours augmenter de la surface au fond, comme répondant à une chute qui augmente alors de plus en plus; mais il peut se faire qu'elle soit plus retardée par les obstacles qu'elle n'est accélérée par l'augmentation de la chute.

104. On peut mesurer la vitesse d'un courant au moyen d'une petite roue très-légère, garnie de 15 à 18 petites ailes. Son axe, mince et poli, tourne sur des rouleaux pour anéantir presque totalement l'effet du frottement. Étant exposée au choc du cou-

rant, on compte le nombre des révolutions qu'elle fera en un temps donné. Comme on connaît la longueur de la circonférence moyenne développée, on connaîtra conséquemment l'espace qui répond au temps donné, ou la vitesse du courant. Il faut remarquer que cette méthode ne peut donner que la vitesse vers la surface; et que la roue, en tournant, est un peu retardée par la résistance de l'air. Mais elle est fort simple et peut être quelquefois employée utilement.

105. Quelques auteurs proposent d'employer le quart de cercle pour mesurer la vitesse d'un courant. Cet instrument est garni à son centre de deux fils: l'un porte un poids qui sert à fixer la position du quart de cercle; l'autre, plus long, soutient une boule dont la pesanteur spécifique est plus grande que celle de l'eau, et qui s'y enfonce plus ou moins, selon qu'on lâche plus ou moins le fil. Par la déviation de ce second fil d'avec la verticale, on mesure d'abord la force, et on en conclut la vitesse du courant. Cet instrument, dont les résultats ne peuvent être déduits que par un calcul trigonométrique assez compliqué, est sujet à plusieurs inconvéniens. D'abord le fil qui soutient le corps submergé, ne conserve pas toujours la même position; il éprouve des mouvemens d'oscillation qui mettent souvent beaucoup d'incertitude dans la mesure de l'angle. Cela arrive surtout lorsque la pesanteur spécifique du corps submergé surpasse peu celle du fluide. Mais, d'un autre côté, si l'on augmente trop sa pesanteur, les petites variations dans les vitesses cessent de devenir sensibles.

106. M. *Pitot* a donné la description d'un tube de son invention (*Mém. de l'Académie année 1732*), qu'il a employé pour mesurer la vitesse de la Seine sous le pont Royal. C'est un simple tube de verre coudé, qu'on plonge verticalement dans le courant. La hauteur, à laquelle l'eau s'élève dans le tube, est celle

qui est due à la vitesse du courant. En enfonçant plus ou moins le tube, on a les hauteurs qui répondent aux vitesses, aux différentes profondeurs du courant. On attache le tube à une tringle de bois très-solide, et on met à côté une règle de cuivre graduée qui marque les élévations de l'eau dans le tube. Quand on fait usage de cet instrument, il est très-difficile de le fixer assez solidement pour que l'eau ne soit pas sujette à des mouvemens d'oscillation, qui peuvent occasioner des erreurs sensibles dans l'estime de ses élévations. Cet inconvénient se fait d'autant plus sentir, que le courant a plus de vitesse et qu'on enfonce le tube plus profondément.

107. On peut, au moyen d'un peson construit comme le dynamomètre de M. *Régnier*, mesurer immédiatement la force impulsive d'un courant d'eau sur une surface donnée. On a pour cet effet un cube de bois, auquel on donne une gravité spécifique égale à celle de l'eau, en y introduisant un certain nombre de clous; une corde est attachée, d'un côté au cube qu'on submerge dans le courant, et de l'autre au crochet du peson. Le cube, entraîné par le courant, fait effort sur le peson et le bande plus ou moins, suivant la force de ce courant; l'index marque le nombre des livres ou des kilogrammes auquel correspond l'effort exercé sur la surface antérieure du cube.

*Canaux.*

108. M. *Muthuon* a inséré dans le Journal des Mines un mémoire rempli de détails pratiques très-utiles sur la *Construction des canaux aqueducs*; nous allons en donner un extrait.

Cet ingénieur prescrit d'abord quatre opérations préliminaires: 1°. Reconnaître le ruisseau ou la rivière que l'on veut détourner en tout ou en partie; déterminer la quantité d'eau qu'ils fournissent ordinairement, et surtout l'été; examiner

ensuite le pays et les lieux par où le canal devra passer, les petits courans d'eau qu'il coupera, leur distance respective et leur éloignement tant de l'origine du canal que de l'extrémité;

2°. Calculer la quantité d'eau nécessaire pour les machines que l'on veut établir;

3°. Nivelier le terrain, depuis le point où l'eau devra arriver jusqu'au courant même;

4°. Examiner si l'on pourra obtenir une chute d'eau d'une hauteur suffisante.

109. A l'égard de la pente à donner au canal, plus l'eau met de temps à parcourir un espace donné, dit M. *Muthuon*, plus les filtrations sont grandes et l'évaporation considérable. Si au contraire on lui donne une forte pente, l'eau, ayant alors beaucoup de force à cause de sa vitesse, ronge les bords du canal, et fait des dépôts considérables; de manière que le canal se détériore promptement et exige de fréquens déblais, ce qui ne peut avoir lieu sans obliger de cesser le travail et conséquemment sans entraîner de graves inconvéniens.

110. M. *Muthuon* a reconnu que, dans un canal d'une largeur égalisée de deux mètres, ayant cinq décimètres de profondeur d'eau, et huit centimètres de pente par 200 mètres de longueur, l'eau parcourt 8 mètres par minute, et que la force impulsive de l'eau de ce canal est suffisante pour faire manœuvrer, au moyen d'une roue de onze mètres de diamètre, douze répétitions de pompes, dont les pistons parcourent un espace cylindrique de 16 décimètres de hauteur, et de 3 décimètres de diamètre, en faisant faire à la roue six tours par minute. Il a reconnu également que la moitié de cette quantité d'eau suffisait pour faire aller un bocard à 12 pilons, dont la roue, de 45 décimètres de diamètre, faisait jusqu'à 18 révolutions par mi-

nute, et enfin qu'elle fournissait, et au-delà, de quoi alimenter deux pompes et faire agir quatre soufflets.

111. M. *Muthuon* remarque, dans un canal qui n'avait que 27 millimètres de pente par 200 mètres de longueur, que l'eau n'avait qu'un tiers de la vitesse avec laquelle elle coulait dans celui dont la pente était de 8 centim., en leur supposant à tous deux une largeur égale et moyenne de deux mètres. La masse d'eau n'avait pas un mouvement aussi uniforme dans le second canal que dans le premier, et celle des bords et du fond était presque stagnante. Dans ce canal l'eau s'élevait à 7 décimètres auprès de sa source, et à la distance de 18 à 20 mille mètres, le canal était presque à sec. Il semble donc qu'un canal de l'espèce indiquée ne doit point avoir moins de 4 centimètres de pente par 100 mètres de longueur, ni au-delà de 7 centimètres; car une plus grande pente occasionerait des dégradations et des ensablemens. Mais, dans les pays froids, il est souvent utile de donner beaucoup de pente aux canaux pour que la vitesse de l'eau soit un obstacle à sa gelée.

112. Lorsqu'on doit creuser un canal, il faut examiner la nature des divers terrains qu'on doit traverser, 1°. pour régler la pente des talus; 2°. pour le raffermir dans les endroits tourbeux, bourbeux, rocailleux et autres. Les endroits argileux ne demandent aucune autre préparation pour être raffermis, que de piler le fond et les bords du canal. Ceux où l'argile est mêlée avec des pierres, sont également bons; et, comme ils ont plus de solidité, ils n'ont pas besoin d'être battus. Les terres sablonneuses et argileuses ne laissent pas passer l'eau, quand même le sable n'y serait pas en grande quantité; mais il faut beaucoup d'inclinaison aux bords, ou les revêtir de pierres. Dans les passages bourbeux ou tourbeux, on jette sur le fond du canal une couche de gravier que l'on enfonce avec les pilons,

et on fait entrer des pierres longues dans les bords. Les endroits rocaillieux et ouverts exigent d'autres soins, et l'on a besoin de faire, au milieu de l'excavation plus élargie et plus approfondie, un canal de rapport. L'argile seule peut être employée pour cet effet; mais bien souvent l'on n'en trouve pas; et d'autres fois il faudrait l'aller chercher trop loin, ce qui occasionerait des frais trop considérables. Le gazon, dans ce cas, est aussi bon et peut-être meilleur que l'argile; on le coupe en parallépipèdes de trois décimètres de long, de deux de large, et de sept à neuf centim. d'épaisseur; on les place à côté les uns des autres, en les renversant, c'est-à-dire, en mettant l'herbe en dessous; on les joint bien, et on les frappe par-dessus pour les assouplir; ensuite on bat la couche entière avec un pilon. Cette couche, bien battue, en reçoit une autre faite de la même manière, et ainsi de suite. Il est constant, dit M. *Muthuon*, que les parties d'un canal ainsi exécuté, et dont le fond et les banquettes ont cinq à six décim. d'épaisseur, tiennent très-bien l'eau.

113. L'on est quelquefois obligé de passer sur des terrains bas, où le canal doit être en relief. Le gazon seul peut servir alors, et il vaut mieux que l'argile; mais, comme il faut non-seulement que l'eau ne passe pas, mais encore que l'ouvrage soit solide, les banquettes de gazon doivent avoir dix à douze décim. de surface, et incliner de l'un et de l'autre côté, de 45 à 50. Il est bon ensuite d'appuyer ou flanquer l'extérieur avec les déblais de l'excavation la plus prochaine. Un travail de cette nature consomme beaucoup de gazon, et l'on écorcherait quelquefois toutes les prairies des environs que l'on n'en aurait pas assez. Si l'on a des pierres à portée, on fait un massif en pierres sèches, dans lequel on construit le canal, comme dans les terrains rocaillieux et ouverts.

114. Si l'on rencontre des ravins plus ou moins profonds,

des ruisseaux que l'on n'a pas la faculté de détourner, on établit des ponts de bois ou de pierres sur lesquels passe le canal. Les ponts de pierres sont les meilleurs, et ils n'exigent pas d'entretien ; mais , quand les matériaux sont trop éloignés , il faut bien les faire en bois. Leur construction doit être simple et solide , et leurs dimensions doivent être telles qu'il n'y ait pas le moindre étranglement.

115. Il y a deux manières d'établir les prises d'eau ; la première est de faire une avancée dans la rivière et d'anticiper obliquement sur un quart ou un tiers de sa largeur , afin d'intercepter une quantité d'eau proportionnelle à la capacité du canal et à la force de la rivière dans un temps moyen. Lorsqu'elle devient petite , au point que l'espace intercepté n'en fournit pas assez , on en attire davantage par le moyen de quelques pierres , ou de quelques pièces de bois mobiles , disposées sur la partie libre de la rivière. Des vannes placées immédiatement à l'embouchure du canal , et mieux à 40, 50 ou 100 mètres en arrière dans un endroit où il est bien encaissé , et au devant desquelles on fait une décharge latérale , empêchent qu'il ne reçoive une trop grande quantité d'eau.

116. La seconde manière de prendre l'eau est de barrer les ruisseaux et rivières , ou de faire des digues plus ou moins hautes , suivant que le canal arrive plus ou moins au-dessus de leur niveau. Les barrages simples et peu élevés se font avec des pièces de bois transversales , appuyées derrière par des piquets , et garnies par-devant avec des planches bien jointes. La vanne régulatrice est nécessaire dans ce cas comme dans le premier ; mais elle se place plus ordinairement à une certaine distance de l'orifice du canal.

117. Il n'est pas douteux que la seconde manière de prendre l'eau ne soit très-souvent nuisible au cours de l'eau ; aussi il

existe des ordonnances administratives tendantes à réprimer l'usage abusif qu'on pourrait en faire.

118. L'eau, entrant dans un canal la première fois, détache et entraîne toutes les matières légères qu'elle rencontre; celles-ci forment bientôt des amas qui l'arrêtent; il faut les enlever avec soin, et faire suivre l'eau par des ouvriers chargés de la conduire. L'eau, trouvant un terrain fraîchement remuée, cherche toutes les petites issues, soulève les masses encore peu cohérentes, passe au travers, et s'échappe par un grand nombre d'endroits. Il faut donc suivre, serrer et battre les parties mouillées, et charger les banquettes de manière qu'il y ait toujours au moins 15 centim. au-dessus de l'eau. Les issues étant fermées et les filtrations arrêtées, l'eau tarde encore à s'avancer et est absorbée en grande quantité; elle pénètre dans les terrains environnans, et, ce n'est qu'après qu'ils sont bien imbibés qu'elle s'étend dans un nouvel espace où elle agit de la même manière, et où il faut par conséquent les mêmes soins et le même temps pour qu'elle avance encore. Il en est ainsi jusqu'à ce que toute la longueur du canal soit parcourue, et ce n'est que lorsque les deux côtés et le fond sont bien abreuvés, que l'eau prend son cours, et que l'on a un canal solide et imperméable; l'eau, dont les terres se sont pénétrées, se forme alors un obstacle à elle-même, et augmente considérablement leurs poids.

119. L'eau arrive enfin au point désiré; il en vient d'abord peu, elle disparaît le jour, la nuit elle revient; elle augmente insensiblement et varie encore de nouveau; mais peu à peu elle se fixe: et, au bout de quelques jours, lorsqu'un canal a peu d'étendue; au bout de trois à quatre mois, lorsque sa longueur n'excède pas trois à quatre mille mètres, et de sept à huit mois, lorsqu'il a une étendue plus considérable, il est en état de faire le service, s'il doit jamais le faire tel qu'il est.

120. Lorsque l'on a mis l'eau dans un canal, et que son cours s'est établi, tout n'est pas encore fait; il faut prévenir les accidens qui pourraient bien arriver et occasioner la détérioration du canal.

121. Un canal d'une certaine longueur côtoie ordinairement des vallons, et coupe par conséquent un plus ou moins grand nombre de ravins et de gorges latérales, par où il coule beaucoup d'eau dans le temps de pluie. Les terrains pentifs eux-mêmes en fournissent alors une quantité considérable. Il est nécessaire d'empêcher que toutes ces eaux ne fassent gonfler le canal, dont les bords, une fois inondés, sont en un moment coupés, déchirés et emportés, ce qui interrompt nécessairement le service.

122. Pour remédier à cet inconvénient, on a deux moyens; ou l'eau des ravins et des gorges charie du gravier, des cailloux et du sable, ou elle n'en charie pas. Dans le premier cas, il faut établir des ponts aqueducs, qui soient placés en travers du canal; ils penchent du côté où le terrain a sa pente lui-même, et leurs bords sont élevés de manière qu'ils ne laissent rien tomber. Dans le second cas, on pose des vannes tout près et devant les gorges, et l'on fait dans la banquette inférieure du canal une décharge ou coupure qui descend jusqu'au niveau ordinaire de l'eau; en sorte que celle qui vient par ces gorges et qui est surabondante, s'échappe sans produire de mauvais effets. Il arrive encore qu'un canal passe au bas des rochers et des terrains qui ne sont pas solides; il faut, autant que possible, les assurer par des maçonneries et des murailles en talus, afin de prévenir la chute des uns et les éboulemens des autres.

123. Les canaux qui n'ont pas assez de pente peuvent devenir bons en augmentant leur capacité; on y parvient, soit en haussant les banquettes, soit en les élargissant; le meilleur est

de faire l'un et l'autre en même temps, et surtout de donner à un canal plus de largeur que de profondeur ; car, lorsque l'eau est haute, elle presse contre les bords et les fait écarter. La hauteur de l'eau ne devrait être que du tiers de la largeur du canal.

124. Si l'eau devait agir sur des roues à pots ; on pourrait gagner de la pente, en disposant le canal de manière que l'eau n'entrât dans les godets qu'aux deux tiers ou aux trois quarts de la hauteur de la roue ; on perdrait peu par cette disposition, puisque les godets, qui sont très-près de la ligne perpendiculaire à l'axe de la roue, n'ont qu'un bras de levier très-court.

125. Lorsqu'un canal a peu de pente, il est utile que l'eau conserve, autant que cela est possible, dans toute sa longueur un mouvement égal. Car, s'il y a des endroits où l'eau soit à peu près stagnante, elle résiste à celle qui arrive, la force de se gonfler, de s'élever et quelquefois de déborder. M. *Muthuon* a observé que, si la longueur de l'espace qu'occupe cette eau stagnante, est de 80 ou 100 mètres, elle arrête celle qui arrive. Dans ce cas, il faut que le canal gagne en capacité ce qui lui manque du côté de la pente.

*Réservoirs d'eau.*

126. Souvent le courant d'eau que l'on a à sa disposition, est trop faible pour produire immédiatement sur les machines l'effort qu'elles exigent ; alors on prend quelquefois le parti de construire un vaste réservoir destiné à recevoir l'écoulement du courant et celui des rigoles produites par les pluies et les eaux des neiges fondues. C'est surtout pour faire agir les machines des mines situées dans les montagnes, que l'on fait usage de ce moyen très-dispendieux, moyen qui commence à tomber en désuétude depuis que les machines à vapeur sont presque généralement adoptées dans l'exploitation des mines ; néanmoins il y a des cas

où l'établissement d'un étang peut être utile. Alors une situation avantageuse est la première chose qu'on doit rechercher. On choisit ordinairement un fond ou un vallon qu'on entoure d'une chaussée. Il faut non-seulement faire attention au volume d'eau qu'il doit contenir, mais encore à ce qu'il ne se remplisse de terre avec le temps. Sa disposition doit être telle qu'on puisse avoir une chute d'eau suffisante sur les machines. Lorsqu'on peut établir un étang dans un vallon profond, auquel se réunissent d'autres vallons, on a soin de ménager des canaux pour ramasser les eaux des pluies des environs, et les conduire dans l'étang. Il faut éviter le voisinage des montagnes trop rapides, surtout si leur surface est revêtue de matières molles et peu adhérentes.

127. La chaussée qui environne un étang doit être construite avec beaucoup de précautions; elle doit être établie sur un fond solide, et il faut prévenir les filtrations; car, si elles pouvaient s'établir, l'eau, qui cherche toujours des issues qu'elle agrandit avec célérité, pourrait détruire une portion de la digue et produire de fâcheuses conséquences. Les meilleurs terrains où l'on peut asseoir avec sûreté une digue ou une chaussée, sont ceux qui consistent en un roc solide et sans crevasses, ou bien en une argile bien compacte et tenace. Mais, comme ordinairement les argiles ou terres grasses qui sont dans les vallons, ne se trouvent que par couches, et qu'elles ne s'étendent pas jusqu'au roc vif, il ne faut s'y fier qu'après les avoir bien sondées.

128. On construit deux espèces de chaussées, l'une en maçonnerie et l'autre en terre glaise foulée. Sur les terrains argileux, on doit préférer les chaussées en terre glaise; et celles en maçonnerie, sur le roc vif. Une chaussée doit satisfaire à deux conditions essentielles: 1°. empêcher les filtrations; 2°. résister suffisamment à la pression de l'eau.

129. En Hongrie, les chaussées des étangs ( Pl. VI, fig. 1. ) renferment un noyau de terre glaise *a* bien foulée, flanqué de chaque côté de deux parties de terre *b b*, disposées avec un talus convenable; et le talus *d*, du côté de l'étang, est revêtu en maçonnerie. Dans d'autres localités, la chaussée n'est composée que de trois parties, c'est-à-dire, du courois foulé; d'un parapet en terre, par - derrière; et de la muraille en glacis qui est adaptée immédiatement sur le courois foulé. Cette méthode, qui offre une grande solidité, est, sous ce rapport, préférable à la précédente, mais elle est très-coûteuse. On fait ordinairement le fondement du courois plus étroit que la partie supérieure, parce que son objet n'est que d'empêcher la filtration en dessous.

On introduit dans la chaussée un ou plusieurs tuyaux de chêne qui servent à conduire l'eau destinée au travail des machines. Ce tuyau est formé de plusieurs pièces qui s'emboîtent l'une dans l'autre, et qui sont ajustées avec exactitude, ayant soin de boucher tous les vides avec des étoupes; on prend en général toutes les précautions pour que l'eau ne puisse filtrer et endommager la chaussée. On adapte à l'extrémité du tuyau une bonde ou une porte mobile dans des rainures. Les lecteurs qui désirent de plus amples détails, peuvent consulter le *Traité de l'exploitation des mines*, par *Delius*, et traduit par *Schreiber*, tome 2.

#### CLASSE DEUXIÈME. — RÉCEPTEURS HYDRAULIQUES.

CETTE classe se divise en huit genres : 1°. roues hydrauliques; 2°. roues à flux et reflux; 3°. balanciers hydrauliques; 4°. chapelets et seaux moteurs; 5°. spirales; 6°. récepteurs à pression latérale; 7°. récepteurs à colonne d'eau; 8°. beliers moteurs,

GENRE PREMIER. — Roues hydrauliques.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Roues verticales à aubes dans un coursier étroit.*  
Pl. IV, fig. 1 et 2.

130. Ces roues sont garnies, à leur circonférence, d'un nombre plus ou moins grand de plans rectangulaires que l'on nomme *ailes* ou *aubes*. Elles sont enfermées dans une espèce de canal incliné que l'on nomme *coursier*, qui n'a qu'une largeur suffisante pour qu'elles puissent se mouvoir sans empêchement, afin qu'elles reçoivent une plus grande action du choc de l'eau; c'est par ce choc contre les ailes, qui est d'autant plus grand que la masse et la vitesse de l'eau sont considérables, que les roues se meuvent. Les figures 2, 3, (Pl. V) représentent un coursier vu en plusieurs sens, et la figure 1 indique la forme d'une vanne placée à l'extrémité du coursier.

131. Dans cette espèce de roue, il y a deux choses importantes à considérer: 1°. la roue en elle-même, sa forme, le nombre et la disposition de ses aubes, les proportions de ses parties; 2°. la forme et la disposition du coursier.

132. Ces considérations ne peuvent être établies que sur les résultats d'expériences faites par des savans d'une exactitude reconnue, et doués à la fois de lumières théoriques et d'amples connaissances pratiques. Parmi les expériences connues, sur la force de l'eau employée comme moteur, celles de *Sméaton* et celles de *Bossut* satisfont à cette condition, et semblent conséquemment dignes de confiance. Le détail des premières se trouve dans les mémoires que *M. Girard* a traduits en 1810; les secondes son rapportées dans le second volume de l'*Hydrodynamique* de *Bossut*. Retenus par les bornes de cet ouvrage, nous ne pouvons qu'en rapporter les résultats; mais nous conseillons aux lecteurs qui désirent approfondir cette branche importante de la science des machines, de consulter les deux

ouvrages cités, ainsi que le livre de M. *Fabre*, intitulé : *Essai sur la construction des machines hydrauliques*, et le mémoire de *Borda* dans les *Mémoires de l'Académie des sciences pour l'an 1767*.

133. *Sméaton*, voulant entreprendre des expériences sur les roues à aubes, résolut de se servir d'un appareil qui pût donner des résultats immédiatement applicables aux machines hydrauliques. Cet appareil était un modèle de roue à aubes sur l'arbre de laquelle s'enroulait une corde que l'on faisait varier à volonté, ainsi que la vitesse et le volume du courant qui frappait les palettes de la roue.

134. *Sméaton* a déduit des expériences qu'il a effectuées avec cet appareil, les règles suivantes sur l'effet des roues à aubes mues par un courant d'eau, renfermé entre les parois d'un coursier, en comparant la quantité d'eau dépensée et la vitesse du courant :

1°. La charge virtuelle ou effective étant la même, l'effet est à peu près comme la quantité d'eau dépensée ;

2°. La dépense étant la même, l'effet est à très-peu près proportionnel à la charge virtuelle ou effective ;

3°. La quantité d'eau dépensée étant la même, l'effet est à peu près comme le carré de la vitesse ;

4°. L'ouverture de la vanne étant la même, l'effet sera à peu près comme le cube de la vitesse de l'eau.

Le rapport moyen entre la puissance et l'effet est celui de 3 à 1 dans les grandes machines ; et le rapport moyen entre les vitesses de l'eau et de la roue est généralement celui de 5 à 2.

135. Voici maintenant les résultats des expériences de *Bossut* sur les mêmes roues à aubes :

1°. Qu'il est avantageux de donner aux roues le plus grand nombre d'ailes ou d'aubes possible, sans cependant qu'elles de-

viennent trop pesantes. On donne ordinairement aux grandes roues de sept mètres de diamètre, qui sont mues par un courant rapide, 36 à 40 aubes. L'arc plongé dans l'eau n'excède guère 25 à 30 degrés. *Bossut* croit qu'elles produiraient un plus grand effet, si on augmentait le nombre des aubes. C'est un usage, ajoute-t-il, de donner un petit nombre d'ailes aux roues qui trempent dans les rivières; et cela pour empêcher que les ailes ne se couvrent les unes les autres, et pour que chacune puisse recevoir le choc de l'eau. Dans la pratique, on donne pour l'ordinaire huit à dix ailes, et quelquefois moins, aux roues des moulins placées sur des rivières. *Bossut* pense que le nombre est trop petit, et que les roues dont il s'agit, marcheraient mieux, si elles avaient douze à dix-huit ailes.

2°. La vitesse que la roue doit prendre par rapport à celle du courant pour que la machine produise le plus grand effet possible, est comme 2 à 5, soit pour les roues placées sur des rivières, soit pour celles contenues dans un coursier étroit.

3°. Dans les roues posées sur des canaux qui ont peu de pente, et dans lesquels l'eau a la liberté de s'échapper aisément après le choc, il convient de diriger les ailes au centre. Au contraire, sur les coursiers qui ont beaucoup de pente, les ailes doivent être inclinées d'une certaine quantité au rayon, tant pour être frappées plus perpendiculairement que pour recevoir une augmentation de force de la part du poids de l'eau. Il y a toujours une certaine obliquité qu'il ne faut pas passer, parce qu'on perdrait plus par la diminution du choc, qu'on ne gagnerait par le poids de l'eau qui glisse sur les ailes et qui les presse.

136. *De Parcieux* (Mémoires de l'Académie, an 1759) rapporte plusieurs expériences, dans lesquelles les ailes inclinées au rayon sont plus avantageuses que les ailes dirigées au centre.

137. *M. Fabre* prescrit que les aubes soient taillées en biseau à

la circonférence extérieure de la roue ; car, dit-il, si on leur donne la forme  $abcd$  (Pl. XLIII, fig. 1.), il est évident que l'extrémité rectangulaire  $de$  interceptera une partie du fluide qui n'agira pas comme elle eût fait en tombant sur la partie correspondante de l'aube voisine ; et, comme le nombre d'ailes doit être le plus grand possible, on perdrait plus d'un côté qu'on ne gagnerait de l'autre ; c'est pour éviter un tel inconvénient qu'il faut tailler les aubes en biseau et leur donner la forme  $abfc$ .

138. Nous allons rapporter quelques règles pratiques fort utiles sur la construction des coursiers, données par M. *Fabre*. Soit la roue verticale  $DEF$  (Pl. XLIII, fig. 2) : si l'on suit la méthode ordinaire, on laissera pour le jeu de la roue un espace  $Bb$  entre la circonférence extérieure et le fond  $AB$  du coursier. A travers cet intervalle, il s'échappera en pure perte une certaine quantité d'eau d'autant plus considérable, qu'elle y aura plus de vitesse à raison de sa grande chute, et dont l'effet serait d'autant plus grand pour cette raison. Ainsi la perte ne peut être que considérable. Prenons la position la plus désavantageuse de la roue, celle où l'angle  $GCN$ , formé par deux ailes consécutives  $Gg$ ,  $Hh$ , est divisé en deux parties égales par la verticale  $CB$  ; et par un point  $g$ , pris tant soit peu au-dessus de l'extrémité  $G$  de l'aile  $Gg$ , menons  $g'B'A'$  parallèles à  $BA$ . Laissons entre la circonférence extérieure et le point  $B'$  de cette ligne l'intervalle nécessaire au jeu de la roue. Si nous regardons  $A'B'$  comme le fond du coursier, et que nous donnions à la roue le plus grand nombre d'ailes possible, pour peu de vitesse qu'ait le courant, il n'y aura aucune des particules qui s'échappaient auparavant, qui ne produise son effet sur la roue. Car, pour peu que cela n'eût pas lieu, il faudrait que ces particules pussent descendre de la quantité  $bb'$  dans le temps qu'elles emploieraient à parcourir  $B'b'$  ; ce qui n'est guère possible à cause de la petitesse de l'espace  $B'b'$ .

139. Donnons au fond du coursier la forme  $A' B' L L'$  telle que  $L L'$  soit parallèle à  $A' B'$ , et qu'elle s'étende jusqu'au point  $H$ , le dernier qui reçoive l'impulsion du fluide; il est clair que le fluide, répandu sur l'espace  $B' L L'$ , soutiendra les filets inférieurs, qui seront forcés pour lors à choquer la roue, quand même leur vitesse serait extrêmement petite. L'on voit par là qu'un simple ressaut au fond du coursier supprimera la perte du fluide qui se fait par le jeu inférieur de la roue dans la construction ordinaire. On pourra, si l'on veut, former ce ressaut par un arc de cercle  $B B'$  concentrique à la roue.

140. Il n'est pas plus difficile d'anéantir la perte du fluide qui se fait par le jeu latéral. Soit  $A B C D$  (Pl. XLIII, Fig. 3), la partie inférieure du coursier, et  $C D E F$  la position dans laquelle doit se faire le mouvement de la roue selon la méthode ordinaire. Augmentons de chaque côté la largeur  $E F$  de cette dernière partie des quantités égales  $E G, H F$ ; elle deviendra  $E G K I H F$ , et ce ne sera plus dans  $C D E F$ , mais dans  $G H I R$  que la roue doit se mouvoir. Donnons aux ailes la largeur  $M L > E F$ ; je dis que les filets latéraux qui se perdraient dans la construction ordinaire, produiront ici nécessairement leur effet. Cela est évident, puisque tous les filets compris dans la largeur  $E F$  seront forcés à tomber sur  $P N$ , et ne pourront s'échapper à travers le jeu  $L Q$  et  $M R$ , qu'après avoir choqué les aubes. Ainsi il ne se fera point de perte à travers le jeu latéral d'une roue verticale en augmentant la largeur des aubes et celle du coffre du coursier au point d'impulsion.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Roues à auges ou à pots.* Pl. IV, fig. 3, 4, 5, 6, 7 et 8.

141. On appelle ainsi les roues qui sont garnies de plusieurs auges pratiquées entre deux parois, élevées sur l'épaisseur de la

roue. Elles reçoivent à différentes hauteurs, l'eau qui les fait mouvoir. Les unes dans la partie supérieure; d'autres aux deux tiers, à la moitié, au quart de la hauteur. Cette eau remplit les pots ou auges du côté où elle tombe, et le poids du liquide, exercé d'un seul côté de la roue, détermine son mouvement.

142. L'expérience a démontré que les roues à augets produisent un plus grand effet que les roues à aubes. *De Parcieux*, dans deux mémoires imprimés parmi ceux de l'Académie des Sciences, pour 1754, a fait connaître le résultat des expériences qu'il fit au moyen d'une petite roue de 20 pouces de diamètre, portant 48 augets à sa circonférence. L'arbre de cette roue était composé de quatre cylindres concentriques posés dans le plongement les uns des autres, de manière que le même poids, suspendu à une corde qui pouvait s'enrouler successivement sur chacun des cylindres, s'élevait proportionnellement à leurs rayons respectifs, pendant que la roue décrivait un arc déterminé; il trouva que, sous une même dépense d'eau, le même poids était élevé à une hauteur d'autant plus grande, que la roue tournait lentement. Cet auteur avance que la manière la plus avantageuse d'employer l'eau, lorsqu'on peut disposer d'une chute de 4 pieds et au dessus, est de se servir d'une roue à pots.

143. *Sméaton* a entrepris des expériences sur les roues à pots, d'où il résulte que le rapport entre la puissance mécanique qui agit sur une roue à pots, et le maximum d'effet, est comme 3 à 2. Il appelle *puissance mécanique* la quantité d'eau dépensée multipliée par la hauteur de sa chute. Et, comme il avait trouvé précédemment, par ses expériences sur les roues à aubes, que le plus grand effet de ces roues était celui de 3 à 1, il en conclut que l'effet des roues à pots, supposées dans les mêmes circonstances, quant à la charge et à la dépense d'eau, est en général double de celui des roues à palettes, ce qui assigne d'une ma-

nière plus précise qu'on ne l'avait fait jusqu'alors, l'avantage des uns sur les autres.

144. *Sméaton* tire de ses expériences la règle pratique, que la vitesse la plus avantageuse avec laquelle la circonférence d'une roue à augets puisse se mouvoir, est de trois pieds par seconde, sans que le diamètre de la roue influe sur cette valeur. Théoriquement parlant, la roue produit d'autant plus d'effet, qu'elle tourne avec plus de lenteur; mais il est évident que la capacité des augets doit augmenter en raison inverse de la vitesse de rotation; et comme, à mesure que cette capacité augmente, la roue devient elle-même plus pesante, il arrivera qu'au-delà d'un certain terme, l'inertie de la machine et l'augmentation du frottement des pivots feront perdre l'avantage produit par la lenteur de son mouvement. *Sméaton* a reconnu que le mouvement d'une roue à augets cesse en général d'être régulier, lorsque sa vitesse est au-dessous de deux pieds par seconde.

145. *Bossut* a fait aussi des expériences sur les roues à pots, d'où il résulte que la vitesse requise pour le plus grand effet, est à la vitesse que la roue prendrait naturellement, si elle n'avait aucun fardeau à élever, comme 1 est à 5 environ. Les roues à pots, dit cet auteur, sont beaucoup plus avantageuses que les roues à ailes, lorsqu'on peut se procurer une grande chute d'eau. On doit donc employer des roues à pots dans ces sortes de cas. Mais souvent la chute est petite, et on est obligé de prendre l'eau par-dessous la roue, au moyen d'ailes que le fluide frappe. De plus, il y a des occasions où l'on a besoin que la roue tourne très-vite, et où l'on a d'ailleurs de l'eau en abondance. Alors une roue à ailes est fort bonne; comme le mouvement des roues à pots doit être lent, on ne pourrait en ce cas employer une roue de cette espèce qu'en la faisant engrener avec une lanterne ou avec une autre roue, ce qui compliquerait la machine et aug-

menterait les frottemens. Les roues à ailes sont encore les seules qui puissent être d'usage sur les rivières.

146. La grandeur des godets d'une roue doit être suffisante pour contenir toute l'eau qui lui est nécessaire. Il y a des roues dont les godets ont trois à quatre décimètres de profondeur, ce qui exige des courbes fort larges qui sont difficiles à trouver, et ce qui diminue la puissance de la machine en raccourcissant les rayons de la roue ; il vaut mieux donner plus de largeur et moins de profondeur.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Roues à godets simples.* Pl. IV, fig. 3 et 4. *Plan et Élévation.*

147. Dans quelques roues à godets, les cloisons qui séparent les godets suivent la direction des rayons. Dans le plus grand nombre, ces cloisons font avec les rayons des angles plus ou moins aigus ; dans d'autres enfin, chacune d'elles est formée de deux portions dont la première, suivant la direction des rayons, et l'autre incliné. Voyez la fig. 9, Pl. V.

Les fig. 9 et 10 (Pl. V.) représentent une roue à godets de grande dimension. On doit observer que les auges sont soutenues par des pièces de bois obliques en sens contraire les unes des autres. Cette disposition donne beaucoup de solidité à cette roue et prévient tout ébranlement.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Roue à godets à double cloison.* Pl. IV, fig. 5 et 6.

148. Cette roue, inventée en Angleterre il y a quelques années, a pour objet de contenir dans ces godets la plus grande quantité d'eau possible. La séparation de chaque godet est formée par deux cloisons *a a* et *b b*. Chacune d'elles a une double inclinaison, c'est-à-dire, elle forme un angle aigu avec le rayon, et un autre angle pareillement aigu avec la bande laté-

rale *d d* de la roue. Par cette disposition très-ingénieuse, les godets conservent l'eau jusqu'au point le plus bas.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Roue à canal intérieur*. Pl. VI, fig. 5 et 6.

149. *Buchanan* (*a*), ingénieur écossais, eut pour but, en imaginant cette roue, de construire des godets d'une forme facile à remplir et capables de retenir l'eau, de manière à produire, au moyen d'une chute très-basse, un effet presque égal à celui qu'on obtiendrait en recevant l'eau au point le plus élevé de la roue. Au lieu d'appliquer l'eau sur la roue en dehors des godets, il a disposé le coursier de manière à verser l'eau dans les godets du côté intérieur vers la roue. Les godets se vident au moyen d'ouvertures pratiquées en dehors sur toute leur longueur; ces ouvertures ne doivent avoir de largeur, qu'autant qu'il est absolument nécessaire pour laisser échapper toute l'eau contenue dans les godets, avant qu'ils ne commencent à monter du côté opposé.

La figure 5 est une élévation de la roue avec une partie des godets et du coursier vus en coupe; la figure 6 est un plan ou coupe horizontale de la roue et du coursier; *A, A* coursier; — *a a a a*, ouvertures par lesquelles l'eau s'échappe des godets; — *b*, ouverture en sens opposé qui laisse entrer l'eau fournie par le coursier.

La figure 7 fait voir une autre méthode de distribuer l'eau en dedans des godets.

Les bras des roues hydrauliques, de la manière dont on les place ordinairement, se fatiguent le plus dans la direction de l'effort que fait l'eau sur leurs extrémités, ce qui est en général dans les sens de la longueur de la mortaise; pour y remédier,

(*a*) *Annales des arts et manufactures*, tome 10.

*De la composition des Machines.*

M. *Buchanen* a appliqué tout à l'entour de la roue des pièces à queue d'aronde F F. Afin de réunir ces pièces, on place de chaque côté un cercle de fer qui sert à les boulonner ensemble; l'entre-deux est rempli par des bloquets de bois. Cet arrangement permet d'employer des bois de petit échantillon.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Roue à double rang de godets.* Pl. IV, fig. 7 et 8.

150. Le double rang de pots placés en sens contraire dans cette roue a pour but de changer à volonté son mouvement de rotation, c'est-à-dire, de la faire à volonté tourner dans un sens ou dans l'autre contraire. Le premier rang reçoit l'eau de la source par une soupape E; le second rang la reçoit par la soupape F; de sorte que, si la soupape E est ouverte, la roue tourne de droite à gauche; et si, à l'opposé, la soupape F est ouverte, et la soupape E fermée, la roue tourne de gauche à droite. Des leviers *m n* servent à ouvrir et à fermer ces soupapes. Les cloisons des deux rangs d'augets font avec la surface extérieure de la roue des angles semblables, mais tournés en sens inverse.

CINQUIÈME VARIÉTÉ. — *Roue à augets de M. Nouaille de Gréat-Ness (a).* Pl. VI, fig. 8.

151. La plupart des roues à augets sont établies de manière à recevoir l'impulsion de l'eau au sommet de leur circonférence, ce qui suppose une hauteur de chute égale au diamètre de la roue; mais, certaines localités ne permettant de disposer que d'une chute très-faible, il importe d'avoir un moyen d'en obtenir la même force que d'une chute plus élevée. A cet effet, M. *Nouaille* propose de construire le canal qui décharge l'eau sur cette roue, de manière à ne laisser échapper que la quantité nécessaire pour lui imprimer le mouvement; il est garni d'une

(a) *Bulletin de la Société d'encouragement*, 14<sup>e</sup> année.

vanne horizontale qui glisse sur le fond et qui permet de régler le courant d'eau. Supposant la chute de 4 mètres, dans ces cas l'auteur emploie une roue de 5 mètres de diamètre, qui est frappé sous un angle de  $53^\circ$ .

B est le fond du coursier, — A B est la hauteur de la chute, et A C la profondeur de l'eau dans le canal ou biez supérieur. Or, au lieu de construire, comme on le fait ordinairement, une roue d'un diamètre égal à B C, la roue D E F G proposée par l'auteur est d'un quart plus grande; elle reçoit l'impulsion de l'eau en E. Le fond C du canal C H L ne doit pas se joindre à la planche inclinée H, mais laisser un petit espace à travers lequel l'eau tombe sur les auges de la roue.

On règle la grandeur de cet orifice par une vanne horizontale K placée sur le fond du canal, et qu'on fait avancer ou reculer à l'aide d'un levier à bascule N, mû par une vis de rappel ou par tout autre moyen. De cette manière, on est le maître de régler la quantité d'eau qui doit tomber dans les auges de la roue.

TROISIÈME ESPÈCE. — *Roues fluviales*. Pl. V, fig. 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13.

152. Les roues fluviales diffèrent en général des roues qui se meuvent dans un coursier: 1°. parce qu'elles ont un plus petit nombre d'aubes; 2°. parce que les dimensions de ces aubes sont incomparablement plus grandes. On trouve rarement des roues à coursier qui aient des aubes plus larges que 6 à 7 décimètres, tandis que, sur les rivières, on voit des roues dont les aubes ont 5 ou 6 mètres de longueur. Les fig. 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13 indiquent les méthodes de construire les roues fluviales les plus usitées.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Roues soutenues par un bateau simple*. Pl. VI, fig. 2 et 3.

153. L'axe horizontal *a a* traverse le bateau et porte à ses extrémités deux grandes roues à aubes *b b*. Deux longues tra-

verses de bois *dd*, *dd* servent à fixer le bateau au moyen de quelques pieux que l'on plante de chaque côté, ou au moyen de câbles que l'on amarre à ces points fixes. Un pont *cc* est placé au devant des roues.

Cette méthode est très-défectueuse. L'impulsion que reçoivent les roues, est bien moindre que celle qu'elles recevraient, si elles étaient placées dans un coursier, puisqu'il résulte, des expériences faites par *D'Alembert et Bossut* (*a*), que l'effort exercé par un courant d'eau d'une largeur indéfinie contre un plan qu'on lui oppose, n'est, à égalité de circonstance, que la moitié de l'effort qu'il produirait contre le même plan dans un coursier étroit, dont la largeur ne serait pas plus grande que celle que le mouvement libre du plan exige. Cependant elle est presque généralement adoptée sur les rivières de France.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Roue soutenue par deux bateaux*. Pl. VI, fig. 4.

154. Cette méthode, en usage en Italie, sur l'Adige, sur le Pô et sur d'autres rivières, est préférable, sous tous les rapports, à la précédente. Deux bateaux sont placés parallèlement à une distance à peu près égale à la largeur de la roue, et forment ainsi un coursier étroit. Une vanne est adaptée sur le devant de la roue entre les deux bateaux. On voit que, par cette disposition, 1°. le courant d'eau arrive directement à la roue, tandis que, dans la méthode précédente, divisé par la proue du bateau, il perd une portion de sa force et prend une direction oblique de chaque côté; 2°. le courant étant resserré comme dans un coursier, son impulsion sur une seule roue doit produire au moins le même effet que sur deux roues d'égales dimensions, disposées suivant la méthode précédente.

---

(*a*) *Hydrodynamique* de Bossut, tome 2.

TROISIÈME VARIÉTÉ.—*Roue flottante de M. Williamson (a)*. Pl. VI, fig. 9.

155. L'objet de cette invention est d'employer une roue hydraulique dans des localités, où le cours d'eau qui doit la faire mouvoir ne peut être retenu par des vannes à la hauteur convenable. M. *Williamson* pense que ce moyen permettra d'établir des roues à eau au bord des rivières, sans être obligé de détourner une portion du courant, pour la faire passer dans des coursiers de maçonnerie, dont la construction est toujours dispendieuse ; il suffit, pour cela, de placer la roue sur une charpente en forts madriers de chêne, après avoir pris toutefois les précautions nécessaires contre les glaces et d'autres corps flottans qui pourraient en interrompre le mouvement. Avec quelques légères modifications, il serait même possible d'en faire usage dans les rivières qui éprouvent l'effet des marées. On sait que, dans certains endroits où les eaux sont assez abondantes pour faire tourner un moulin, la crainte d'inonder les terres voisines empêche de les retenir à la hauteur convenable : dans ces circonstances, la roue flottante sera utile.

Le principe de cette invention est très-simple. Au lieu d'appropriier, comme dans la pratique ordinaire, le courant d'eau et sa chute aux dimensions et à la force de la roue, celle-ci s'accommode parfaitement aux eaux de toutes profondeurs, pourvu qu'il y ait une chute suffisante pour la faire tourner ; cette opération se fait sans difficulté et sans avoir besoin de déranger ou de changer en quoi que ce soit le mécanisme du moulin ou celui de la roue.

Un des principaux avantages de la roue flottante est d'éviter l'établissement des coursiers en maçonnerie. Cependant, si l'on

---

(a) *Bulletin de la Société d'encouragement*, 14<sup>e</sup>. année.

voulait encaisser les eaux, de manière à les diriger plus immédiatement sur les aubes, il suffirait d'établir quelques planches de chaque côté.

Le service de la roue est très-facile, et n'exige pas la moindre attention de la part du meunier; son mouvement, qui est régulier et uniforme, ne peut être interrompu ni ralenti, tant qu'il y a une suffisante quantité d'eau. En hiver, on la met à l'abri de l'effet des gelées, en l'élevant de manière qu'elle ne puisse être atteinte par les gelées: elle exige peu de réparations, et convient particulièrement aux situations où les eaux sont sujettes à des crues subites.

A A A est une charpente en forts madriers de chêne proportionnée au courant de l'eau et à la dimension de la roue. — B montant qui porte une poulie L, sur laquelle passe une corde dont l'un des bouts, garni d'un crochet H, est attaché à la traverse G, et l'autre porte un poids M. — C, pignon en fer qui transmet à l'arbre du moulin le mouvement qu'il reçoit de la grande roue D. — D, grande roue hydraulique flottante d'une dimension convenable, et disposée de manière à pouvoir s'élever et s'abaisser à volonté. Elle est garnie à la circonférence d'aubes *a a a a*, et sur l'un de ses bords de dents en fer ou en bois *o o* qui engrènent dans celles du pignon C. — E, axe en fer sur lequel tourne la roue D. Cet axe traverse l'épaisseur de cette roue et les deux jumelles E F. — G, traverse inférieure qui réunit les deux jumelles; elle porte au milieu de sa longueur un anneau à queue taraudée serré par un écrou, dans lequel s'engage le crochet H attaché au bout de la corde. K, rainure pratiquée dans la pièce de bois courbe S; elle reçoit l'extrémité de l'axe de la traverse G. — L, poulie en fer fixée au montant B. — M, poids attaché à l'extrémité de la corde; il doit être d'une pesanteur à peu près égale à celle de la roue D et de son

châssis, afin de la faire plonger dans le courant. — N, axe du pignon C N en coupe. — P, traverse supérieure des jumelles vue en coupe. — R, corde qui sert à faire monter et descendre le châssis dans lequel est placée la grande roue D.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Roues à supports mobiles.* Pl. V, fig. 11, 12, et 13.  
*Plan, élévation de face et de profil.*

156. Les figures 11, 12, 13, représentent une des grandes roues employées dans la machine hydraulique du pont Notre-Dame. Cette machine étant placée dans un bâtiment fixe, on a dû chercher le moyen de la faire agir librement de tout temps, quelles que soient les variations de hauteur du niveau de la rivière. A cet effet la roue et les engrenages, auxquels elle transmet le mouvement, sont soutenus par un châssis mobile que l'on élève et que l'on abaisse au moyen de quatre *cricks à engrenages* qui agissent sur quatre poutrelles verticales, adaptées aux quatre coins du châssis; ces poutrelles ont plusieurs trous dans leur hauteur, où l'on passe des barres de fer pour les arrêter. Ainsi donc la roue et tout l'équipage qui y est adapté, est soutenu par ses poutrelles; mais, pour plus de sûreté, on les cale en dessous, lorsque la roue est à la hauteur convenable pour travailler.

A est la vanne placée au devant de la roue, pour arrêter son mouvement en cas de besoin; on élève et on abaisse cette vanne au moyen du crick *m*. — *B B B B* sont les poutrelles qui servent au levage de la roue. — *n n n n* sont les cricks qui correspondent à chacune de ces poutrelles. — *C C* est la grande roue à aubes qui porte sur un de ses flancs la roue dentée concentrique *a a*, laquelle engrène avec la lanterne *b*. — *D D* est le châssis sur lequel la grande roue repose: on voit que cette roue est renfermée dans une espèce de coursier *M M*.

CINQUIÈME VARIÉTÉ. — *Roues à aubes mobiles horizontales*. Pl. IV, fig. 13 et 14.

157. Chacune des aubes de cette roue horizontale est mobile sur un axe placé à sa partie supérieure. Les pivots de cet axe tournent dans des crapaudines 1 1 1 1. Ces crapaudines sont adaptées aux extrémités des châssis 3 3 3 3, et sont placées de manière à retenir les aubes du côté B, et à les laisser libres du côté opposé A; de sorte que toutes les aubes placées de ce côté sont ouvertes par le courant et obligées à se placer dans une situation parallèle; elles n'opposent presque aucune résistance à son libre passage (en supposant la roue immergée en partie ou même en totalité); tandis que toutes les autres aubes, se trouvant retenues par leurs châssis, reçoivent l'impulsion de l'eau, et déterminent le mouvement de la roue.

SIXIÈME VARIÉTÉ. — *Roue à aubes mobiles verticales*. Pl. IV, fig. 15 et 16.

158. Cette roue, comme la précédente, se meut dans un plan horizontal; comme la précédente, elle conserve la propriété de tourner, quoique immergée à une profondeur plus ou moins grande. Les aubes de cette roue sont mobiles dans le sens vertical; chacune d'elles est soutenue par des charnières 1, 2, qui lui permettent de s'ouvrir d'un seul côté. Ainsi, quand l'impulsion de l'eau agit sur la roue, les aubes de droite s'ouvrent et n'opposent aucune résistance au passage de l'eau, au lieu que celles de gauche, restant immobiles, reçoivent le choc du courant et occasionent le mouvement de la roue.

QUATRIÈME ESPÈCE. — *Roues horizontales dans un coursier*.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Roue à aubes planes*.

159. Cette roue diffère d'une roue à aubes verticales: 1°. par son diamètre qui est généralement bien moindre; 2°. par la

position des aubes, lesquelles sont perpendiculaires au plan de la roue dans les verticales; tandis que, dans les horizontales, elles doivent être inclinées en sens opposé de la direction du courant, l'expérience ayant démontré que cette inclinaison augmente l'effet de la machine.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Roues à aubes courbes.* Pl. IV, fig. 9 et 10.

160. Le diamètre de ces roues n'a ordinairement que 1 à 2 mètres; elles se meuvent dans un coursier dont la forme est indiquée par la fig. 4 (Pl. V). Elles servent utilement, lorsque l'on a un courant d'eau très-rapide. En général, quelle que soit la forme des roues horizontales, on ne les emploie ordinairement que dans un cas semblable.

161. APPLICATIONS. AUX moulins à blé. — Comme ces roues tournent avec une grande rapidité, et qu'elles ont un mouvement de rotation semblable à celui que doit avoir la meule, on obtient par leur moyen des moulins d'une très-grande simplicité. Les fameux moulins du Basacle, qui existaient autrefois à Toulouse, et dont on trouve la description dans l'*Architecture hydraulique* de *Bélidor*, étaient mus par des roues semblables à celles de la fig. 4 (Pl. V).

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Roues à écuelle.* Pl. IV, fig. 11 et 12.

162. L'extrémité des rayons *a a a*, insérés dans l'axe *b* de cette roue, est terminée par une espèce d'écuelle *d d*, et chacun des rayons est soutenu en-dessous par un étauçon *m m*. Le coursier qui conduit l'eau sur cette roue, doit aboutir exactement au-dessus des écuelles.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Roues à poire.* Pl. VI, fig. 10.

163. Les roues à poire sont en usage dans le Dauphiné et  
*De la composition des Machines.*

dans d'autres contrées montagneuses pourvues de chutes d'eau hautes et abondantes. Elles tournent avec une grande rapidité, et simplifient la construction des moulins. Mais elles ne peuvent servir dans les endroits où les courans d'eau n'ont qu'une vitesse médiocre.

164. Un tambour conique *A* est composé de douves assemblées comme dans les cuves ou les tonneaux. Un axe vertical *b* traverse ce tambour dont le plus grand diamètre se trouve dans sa partie supérieure. Autour du tambour sont disposées des palettes *m m m m*, en forme des spirales. La roue à poire ainsi construite est placée dans une espèce de bassin en maçonnerie, dont la figure fait voir la coupe. L'eau est conduite par le coursier *d*, qui la verse sur les palettes *m m m m*, où elle agit par le double effet de son impulsion et de son poids. Le canal *r* donne issue à l'eau qui agit.

GENRE DEUXIÈME. — Roues à flux et reflux.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Roues verticales*. Pl. VI, fig. 11.

165. La roue *A* est soutenue par deux flotteurs *B B*. Elle est placée au milieu du coursier *a a*, et elle tourne toujours dans le même sens, soit que le flux agisse sur elle, soit qu'elle reçoive l'impulsion du reflux. Des portes *busquées* angulaires 1, 2, semblables à celles des écluses, sont placées dans le canal *m m*. D'autres portes de la même espèce sont disposées dans les deux canaux latéraux *r r* et *s s*. Supposons que le flux agisse, le courant d'eau ouvrira les portes 1 et 2, et fermera les portes 3 et 4, de sorte que l'eau ne pourra se mouvoir librement que dans le canal *m m*, et la roue tournera de droite à gauche. Lorsque le reflux commencera à se faire sentir, le courant aura une direction opposée, les portes 1, 2 lui opposeront leur sommet, et ne pourront être ouvertes; mais, au contraire, les portes 3 et

4 s'ouvrira librement ; et le courant entrera dans le canal *r r*, se repliera dans le canal *m m*, suivant la direction de la flèche 6, fera tourner la roue de droite à gauche, comme lorsqu'elle était mue par le flux, ensuite il sortira par le canal *s s* ; de cette manière la roue tournera par le flux et reflux constamment dans le même sens.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Roue horizontale*. Pl. VI, fig. 12 et 13. *Plan et élévation (a)*.

166. Cette espèce de *récepteur* a été imaginé par M. *Leslie* de Londres.

*a*, arbre de la roue tournant sur un pivot ou axe de fer, lequel entre dans une crapaudine d'acier. — *b b*, ailes de roue un peu inclinées de manière à donner passage à l'eau dans une direction spirale. — *c c*, tambour ou enveloppe circulaire, dans lequel la roue tourne dans le moindre espace possible entre les parois et les ailes. — *d d d d*, second tambour d'un plus grand diamètre, placé au-dessus de la roue, et qui couronne le tambour *c c*, avec lequel il est combiné. — *e, k* portes mobiles qui s'ouvrent de côtés opposés ; la première, du côté des courans, s'ouvre lorsqu'elle est pressée par le courant, et s'arrête contre le poteau *f* ; la porte du côté opposé sera pressée en sens contraire, par le courant, et se fermera. L'opération inverse aura lieu, lorsque l'eau qui aura monté par le flux, voudra sortir à l'instant du reflux. Les lignes ponctuées indiquent ce mouvement contraire.

167. Maintenant, supposons que la surface d'une rivière *h*, affleure à marée basse le couvercle du tambour supérieur, afin que la même quantité d'eau puisse toujours agir sur la roue ; une fois que la surface de l'eau est au-dessus du couvercle du tam-

---

(a) *Annales des arts et manufactures*, tome 22.

bour supérieur, l'eau qui passe par-dessus, ne produira pas un plus grand effet en s'élevant de plusieurs pieds, que quand elle se trouvera au niveau du couvercle.

168. *ii*, indique le fond de la rivière; l'eau entre dans le tambour en passant la porte *e*, jusqu'à ce qu'elle s'arrête contre le poteau *f*; là, elle trouve un passage au moyen duquel elle arrive au fond, l'eau s'échappe par la porte *k*; ceci est pour le mouvement, lorsque la marée baisse; quand, au contraire, elle remonte, les deux portes dont nous venons de parler, se ferment, et les opposées s'ouvrent; au moyen de quoi, l'eau descend comme auparavant et tourne la roue dans la même direction par le flux et reflux.

OBSERVATIONS. Cette roue comparée à la précédente offre les avantages suivans : 1°. Sa vitesse est plus uniforme, puisque c'est la même quantité d'eau qui agit toujours sur elle. 2°. Elle tourne dans le même sens par le flux et reflux, d'une manière plus simple. 3°. Comme la roue est horizontale, il est facile d'adapter sur son arbre un engrenage quelconque, puisqu'on peut élever cet arbre à volonté au-dessus de la surface de l'eau. 4°. Sa construction est plus économique.

GENRE TROISIÈME. — Balanciers hydrauliques.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Balancier de Perrault*. Pl. VI, fig. 14 (*a*).

169. L'eau qui coule dans le coursier *c* tombe dans une caisse *d*, qui tourne autour d'un axe *m*, et qui est partagée en deux portions égales par une cloison. Quand la base *a b* est horizontale, l'eau tombe de manière à être partagée en deux parties égales par cette cloison; dans toute autre position, la chute s'en fait dans la partie élevée. Dans celle que représente la

---

(*a*) *Recueil des Machines approuvées par l'Académie des Sciences*, tome 1.

figure, cette chute a lieu du côté de *b*; quand cette partie est pleine, la caisse tourne sur son axe et vient s'appuyer contre l'obstacle *f*, versant l'eau dont le poids a décidé son mouvement. L'autre partie se remplit à son tour, et ramène la caisse à sa position primitive, en s'appuyant sur l'obstacle *g*, et ainsi de suite.

*Perrault* proposait d'appliquer cette espèce de balancier hydraulique au mouvement d'un horloge à pendule.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Balancier à contrepoids*. Pl. VI, fig. 15.

170. *a*, coursier qui verse l'eau dans un seau *b*. Ce seau est suspendu à l'extrémité du levier *d d*, qui tourne autour de l'axe *c*, et dont l'autre extrémité, garnie d'un axe de cercle soutient, au moyen d'une chaîne, le contrepoids *f*.

La capacité du seau *b* doit être telle que son poids, plus la quantité d'eau qu'il contiendra, puisse entraîner le contrepoids et la résistance appliqués à l'autre extrémité du levier *d d*; et le contrepoids doit être suffisant pour soulever le second, lorsqu'il est vide.

Lorsque le seau, étant rempli d'eau, est parvenu au point le plus bas de sa descente, il rencontre un crochet de fer qui ouvre un clapet par où l'eau sort; quand le seau est entièrement vide, le clapet se ferme au moyen d'un petit contrepoids.

171. M. *Aldini* de Bologne a imaginé un balancier hydraulique de la même espèce. Ce balancier porte à son extrémité un auget qui remplit les mêmes fonctions que le seau dans le balancier précédent.

Obs. Ces balanciers hydrauliques peuvent être appliqués avec quelque utilité aux machines qui ont un mouvement alternatif, de la même nature que celui qu'ils ont, telles, par exemple,

que les diverses machines de percussion et spécialement les marteaux.

GENRE QUATRIÈME. — *Chapelets et seaux moteurs.*

PREMIÈRE ESPÈCE — *Chapelets.* Pl. VI, fig. 16.

172. *a*, coursier. — *c d*, tambours sur lesquels passe le chapelet, qui est composé de deux cordes ou chaînes sans fin, bien tendues, lesquelles soutiennent plusieurs vases ou caisses. L'eau que verse le coursier tombe successivement dans chaque caisse, de manière que toutes les caisses qui sont du côté du coursier, sont remplies d'eau, et, par leurs poids, elle font tourner le chapelet.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Seau moteur.* Pl. VI, fig. 17.

173. Une corde *a b* passe sur la poulie *c*, et soutient d'un côté un poids *d*, ou une autre résistance quelconque, et de de l'autre un seau *f*. Le tuyau *m* verse de l'eau dans le seau, et le remplit. Le seau, par son poids, entraîne la résistance, et la soulève, tandis qu'il descend; parvenu au point le plus bas de sa chute, il rencontre un crochet qui ouvre un clapet; l'eau se vide, et le seau remonte, entraîné par un contrepoids *d*, placé de l'autre côté de la corde. Le tuyau *m* porte un robinet 1; l'axe de ce robinet est garni, à l'extérieur, d'une portion de roue dentée qui engraine avec une autre portion correspondante de roue dentée adaptée à la corde. Au moyen de ce mécanisme, le seau, en montant et en descendant, ouvre et ferme le robinet, de manière qu'il n'y a aucune portion d'eau qui ne soit employée utilement.

174. OBS. Le chapelet produit un mouvement de rotation continue, et est préférable dans la plupart des cas au seau moteur, dont le mouvement est intermittent. On a proposé cepen-

dant quelques utiles applications de ce dernier au levage des fardeaux.

GENRE CINQUIÈME. — Spirales.

PREMIÈRE ESPÈCE. — Spirale à axe horizontal. Pl. VI, fig. 18.

175. L'axe *bb* doit être dirigé suivant la ligne du courant même, de sorte que la spirale *dd*, dans toutes ses positions, présente toujours à l'action impulsive du courant une surface oblique qui en reçoit le choc.

M. *Dubost* (*a*) a proposé d'appliquer cette spirale à un moulin à construire sur le Rhône. M. *du Quet* (*b*) l'a proposée pour une machine destinée à faire remonter les bateaux.

DEUXIÈME ESPÈCE. — Spirales à axe oblique. Pl. VI, fig. 19.

Cette spirale, renfermée dans un tambour creux, est absolument semblable à la vis d'*Archimède* usitée dans les travaux hydrauliques. Un coursier *A* verse l'eau dans la partie supérieure; et, en parcourant la spirale, elle lui communique un mouvement de rotation continue.

TROISIÈME ESPÈCE. — Spirales à axe vertical. Pl. VI, fig. 20 (*c*).

176. *A B* sont deux tuyaux de plomb tournés en spirale à l'entour d'un seul arbre, mais dans des directions différentes. La capacité du tuyau inférieur doit être à celle du tuyau supérieur en raison inverse de leurs hauteurs perpendiculaires, plus la quantité jugée nécessaire d'après les calculs pour vaincre le frottement. Le tuyau *B* doit être un peu plus grand en haut, afin de prendre plus facilement l'eau de la chute.

(*a*) Machines approuvées par l'Académie, tome 7, n°. 479.

(*b*) *Idem*, n°. 338.

(*c*) *Annales des arts et manufactures*, tome 22.

Supposons maintenant le tuyau *A* rempli d'eau, et sa soupape ouverte; qu'on remplisse le bassin *F* avec un courant d'eau amené par le conduit *D*, et dont on veuille élever une partie à une plus grande hauteur. Si la soupape *C* est bien ajustée, le tuyau *A* se maintiendra plein. Actuellement, qu'on donne un mouvement de rotation à l'arbre vertical des deux tuyaux, et dans un sens opposé à celui du courant *E*, qui sort en bas du tuyau *D*, le mouvement de rotation continuera par cette seule cause, et une portion de cette eau sera élevée par le tuyau *A*, et déchargée dans le conduit circulaire *G G*, d'où elle se versera par l'ouverture *H* pour le service auquel on la destine.

177. M. le marquis *Ducrest* a décrit, dans ses *Essais sur les machines hydrauliques*, des pompes tournantes ou à force centrifuge qui ont beaucoup d'analogie avec la spirale que nous venons de décrire, et qui a été proposée par M. *West*.

GENRE SIXIÈME. — Récepteurs à pression latérale. Pl. XXXIV, fig. 6.

178. Un axe creux *a a* est surmonté d'une espèce d'entonnoir *b* dans lequel tombe l'eau conduite par le coursier *c*. Plusieurs tuyaux horizontaux *n n n n* sont adaptés à la partie inférieure de l'axe creux *A A*; ces tuyaux ont une ouverture *2 2 2 2* à une de leurs faces latérales; l'eau sort par une ouverture; mais, ne trouvant pas d'issue dans la face opposée, elle la comprime avec une force proportionnelle à la hauteur de la chute, et produit, par cette pression qui n'est pas contrebalancée, un mouvement de rotation.

GENRE SEPTIÈME. — Récepteurs à colonne d'eau.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *A simple effet*. Pl. VI, fig. 21.

179. Le robinet *h* étant ouvert, et celui *l* étant fermé, la pression de la colonne d'eau contenue dans le tuyau vertical *a b*,

fera monter la tige *f*; puis le robinet *h* se fermant, et celui *l* s'ouvrant, l'eau du cylindre *d* s'écoulera, la tige *f* et le piston du soufflet descendront. Ces deux mouvemens seront aisément entretenus, à l'aide de leviers ou régulateurs adaptés en *i* à la tige même du piston, et de la même manière que dans les machines à vapeur; on réglera et on proportionnera l'ouverture des robinets selon la vitesse qu'on voudra donner à la levée et à la descente du piston, et on déterminera le diamètre du cylindre *d* d'après la chute d'eau et l'effet qu'on désirera obtenir.

M. *Baillet* (*a*) a proposé d'appliquer cette espèce de machine à colonne d'eau, aux machines soufflantes à cylindre.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *A double effet.* Pl. VI, fig. 22.

180. *a*, cylindre de fonte dans lequel entre l'eau qui fait mouvoir le piston. — *b*, piston mu par l'eau. Il a un mouvement ascendant, lorsque l'eau arrive dans la partie inférieure *c*, et un mouvement descendant, lorsqu'elle arrive par la partie supérieure *d*; l'eau s'écoule du grand cylindre par les ouvertures *d*, *c*, communiquant à un autre petit cylindre, c'est-à-dire, que l'eau qui se trouve dans la partie supérieure, s'écoule par l'ouverture *d*, lorsque le piston monte, et qu'elle s'écoule par la partie inférieure *c*, lorsque le piston descend. En général, le jeu des soupapes et du liquide dans cette machine, est le même que celui de la vapeur et des soupapes des machines à vapeur à double effet. — *c*, ouverture inférieure du cylindre, par laquelle l'eau entre et sort alternativement. — *d*, ouverture supérieure du cylindre, par laquelle l'eau entre et sort alternativement. — *e*, réservoir qui contient l'eau qui doit faire mouvoir le piston. Cette eau tombe par le tuyau qui communique au réservoir; elle

(*a*) *Journal des Mines*, tome 3.

*De la composition des Machines.*

entre dans le grand cylindre, soit par l'ouverture *c*, soit par l'ouverture *d*, et exerce sur le piston une pression due à toute la hauteur de la colonne.—*f*, balancier communiquant à la tige du piston, et qui reçoit ainsi un mouvement d'oscillation.—*g*, mécanisme analogue à celui des machines à vapeur à double effet, pour faire ouvrir et fermer les soupapes d'entrée et de sortie de l'eau.—*h i*, grand balancier oscillant, appliqué par son extrémité *h* à la machine qu'on veut faire mouvoir. Le mouvement de ce balancier est déterminé par celui du piston *b*, auquel il communique par sa tige *f*.

Tout porte à croire, dit M. *Hassenfratz*, dans sa *Sidéro-technie*, d'où nous avons emprunté la description de cette machine, que les machines à colonnes d'eau produisent plus d'effet que les autres machines hydrauliques, la consommation d'eau étant la même, parce que dans ces sortes de machines, toute l'eau consommée est employée à produire l'effet, tandis que dans les autres, il y a toujours une partie de l'eau perdue. Mais elles exigent des chutes d'eau d'une hauteur considérable.

APPL. Il existe quelques machines à colonnes d'eau dans les mines de Schemnitz en Hongrie; on les y a nommées *Hollische machine*, du nom du maître des machines Holl, qui proposa et dirigea leur construction; elles sont destinées à élever l'eau de plusieurs galeries à l'aide du poids d'une colonne d'eau plus élevée. Le même Holl fit exécuter, à Schemnitz, une machine à colonne d'eau, qui produit le double effet de renouveler l'air des galeries, et d'en extraire l'eau qui s'y rassemble.

181. Il paraît que c'est à *Bélidor* que l'on doit l'invention des machines à colonnes d'eau. On trouve dans son *Architecture hydraulique*, les détails de celle qu'il a imaginée; elle est représentée (Pl. XXXIV, fig. 18), et nous la décrirons dans le livre sixième.

GENRE SEPTIÈME. — Belier moteur. Pl. VI, fig. 23.

182. Le belier hydraulique, cette utile invention de *Montgolfier*, précieuse par sa grande simplicité, n'a pas encore reçu tous les développemens dont elle est susceptible; bornée à élever des masses d'eau, elle ne fut jamais employée comme moteur immédiat applicable à toutes sortes de machines; cependant rien n'est plus simple, rien n'est plus facile que cette nouvelle application d'un usage très-étendu; il suffit de transformer en piston la soupape ascensionnelle, d'y adapter une tige, et, à son extrémité, d'y faire agir les organes propres à transformer le mouvement ascensionnel de cette tige en mouvement alternatif, ou en mouvement circulaire continu, de la même manière que cela se pratique dans les machines à vapeur.

183. Par cette transformation, le belier pourra communiquer le mouvement d'un courant d'eau quelconque, indistinctement aux diverses espèces de machines; il pourra dans un grand nombre de circonstances, remplacer avantageusement les roues à augets et celles à aubes qui souvent sont trop volumineuses, trop coûteuses, et opposent de trop grandes difficultés à leur établissement. Un exemple éclaircira cette assertion. Dans une rivière, il n'y a aucun local qui soit plus propice à l'établissement des machines mues par le courant, que celui qui se trouve immédiatement à la sortie des arches d'un pont; mais une foule de considérations très-graves sont en opposition avec leur placement dans le lieu désigné. Ces considérations disparaissent si l'on adopte le belier moteur. Que l'on suppose plusieurs de ces organes scellés le long des parois de chaque pile d'un pont; il est évident qu'ils n'encombreront aucunement la rivière, qu'ils ne présenteront aucun obstacle à la libre navigation; il est évident aussi que l'on peut, avec la plus grande

facilité, les garantir des chocs qu'ils pourraient recevoir. La tige de ces beliers aboutira à une chaîne soutenue et dirigée par des poulies de renvoi, et qui transmettra le mouvement aux machines que l'on établira sur le bord de la rivière. Dans certains cas, la transmission du mouvement pourra également être effectuée par des *varlets* et des *bièles*.

184. Je ne m'arrêterai pas plus long-temps sur ces sortes d'applications faciles; je me bornerai à en indiquer une, qui, par son importance et par les difficultés dont elle est environnée, me semble digne de remarque.

185. Il est un problème de mécanique pratique dont on s'occupe depuis long-temps, mais infructueusement. Un gouvernement d'Italie proposa, il y a quelques années, une récompense considérable à qui le résoudrait d'une manière satisfaisante; mais ni cet encouragement, ni les efforts réitérés de plusieurs hommes habiles, n'ont pu produire l'effet désiré. Je parle du problème qui a pour but de maîtriser un agent qui réunit la vigueur et l'inconstance, le flux et reflux de la mer. Sa très-grande variabilité, son énergie excessive dans certains instans, la direction opposée du mouvement dans le flux et reflux, les difficultés d'établir solidement les machines, de manière qu'elles puissent résister victorieusement au choc impétueux des vagues, de les faire agir quoique immergées à des profondeurs plus ou moins grandes, de les réparer, lorsque quelques-unes de leurs parties ont éprouvé quelque dérangement, furent autant d'écueils qui occasionèrent le naufrage de plusieurs inventions d'ailleurs très-ingénieuses. Tous ces obstacles paraissent s'aplanir devant le belier moteur. Cet organe dont les parties sont à la fois homogènes, solides, d'une étendue la plus circonscrite, me semble être indubitablement la plus apte à recevoir l'action du flux et reflux. Sa forme et la médiocrité de ses dimensions

donne la plus grande facilité pour l'établir inébranlablement dans un coursier très-solide. Il doit être placé un peu au-dessus du niveau des basses marées ordinaires pour avoir la facilité de nettoyer les tuyaux, et de réparer la soupape en cas de besoin. L'immersion du belier ne nuit aucunement à son action; et il est facile de lui adapter un régulateur qui rendra constante cette action. Le régulateur que je propose est le pendule conique du célèbre *Watt*. On sait que depuis quelques années, ce grand mécanicien a fait avec succès l'application de ce régulateur à l'introduction de la vapeur dans les cylindres des machines à vapeur. On sait que, depuis, on s'en est servi avantageusement en Angleterre, pour déterminer, dans les moulins à vent, le rapprochement plus ou moins grand des meules, suivant l'énergie plus ou moins grande déployée par le moteur. Ce pendule agirait sur la tige d'un robinet adapté à l'entrée du tuyau horizontal du belier, et ce robinet réglerait l'introduction de l'eau dans le tuyau, de sorte que si le courant est violent, l'ouverture sera très-petite, et à proportion que sa force diminuera, elle augmentera progressivement. Ce pendule doit avoir un mouvement de rotation continu, qui lui sera communiqué par la tige du piston.

186. L'idée de se servir du flux et reflux pour faire agir le belier hydraulique n'est pas nouvelle. *Montgolfier* en France, *Watt* et *Bolton*, en Angleterre, proposèrent de l'employer pour élever l'eau de la mer dans les enclos des salines; mais ils se limitèrent à cette seule application, et ne pensèrent aucunement à employer cet appareil comme moteur immédiat. Le belier à flux et reflux que je propose, est donc le même que celui de *Bolton*, à deux tuyaux horizontaux, dont un recevra l'action du flux et l'autre celle du reflux. Ces tuyaux aboutissent à un troisième placé verticalement, dans lequel le piston aura al-

ternativement un mouvement d'élévation et de descente. A chacun des tuyaux correspondra une tige du régulateur à pendule conique. Il est inutile de faire observer que ces régulateurs, ainsi que la machine agissante, doivent être placés hors des atteintes des vagues. Ainsi les seules différences essentielles qui distinguent mon belier à flux et reflux de celui de *Bolton*, sont le piston et le régulateur. Le premier généralise son usage aux diverses machines, le second corrige l'extrême variabilité de l'agent actif.

187. A, B, canaux dont l'un sert pour le flux, l'autre pour le reflux. — 1, 2, soupapes d'arrêt. — C, tuyau montant; *a*, piston ascensionnel; *b b*, tige du piston; *d f*, balancier, qui du côté *d* est réuni à la tige *b b*, au moyen du parallélogramme destiné à maintenir la perpendicularité de cette tige, et du côté *f* porte la tringle *m* qui met en mouvement le volant *x*. A l'axe de ce volant est adapté un engrenage conique marqué 3; cet engrenage met en mouvement le *pendule conique* 4, lequel agit sur les tiges 5 5 des robinets 6 6, et en s'élevant et s'abaissant, il détermine l'ouverture plus ou moins grande des robinets, suivant le degré de vitesse acquise par l'axe *y* du volant.

## CHAPITRE III.

*De la vapeur de l'eau bouillante.*

188. LA vapeur de l'eau bouillante est un des agens moteurs les plus puissans que le génie ait su s'approprier. Elle produit par sa force expansive les effets les plus étonnans. On trouve dans les *Mémoires de l'Académie des sciences* pour l'année 1707, des observations communiquées par *Vauban*, d'où il résulte que 140 livres d'eau converties en vapeur, produisent une explosion capable de faire sauter une masse de 77,000 livres, tandis que 140 livres de poudre ne peuvent opérer un semblable effet que sur une masse de 30,000 livres, en sorte que la force de l'eau en vapeur serait plus que double de celle de la poudre.

189. L'expérience a démontré que la température de l'eau bouillante et des vapeurs qu'elle exhale dans un vase ouvert, demeure constamment la même, quelle que soit l'activité du feu qui produit l'ébullition. Mais, si le vase est clos, les degrés de chaleur augmentent progressivement, et la force élastique devient de plus en plus vigoureuse.

190. *M. Dalton* a mesuré les forces élastiques de la vapeur aqueuse, pour diverses températures comprises entre 0 et 100 degrés du thermomètre centigrade, c'est-à-dire, entre la température de la glace fondante et celle de l'ébullition.

La table suivante indique les résultats de ses expériences. La première colonne indique les degrés de température qui correspondent à chaque observation. La seconde indique la force élastique mesurée par l'élévation du mercure contenu dans un siphon recourbé, entièrement vide d'air, élévation produite par

la vapeur. Ces mesures sont marquées en pouces anglais, que l'on pourra aisément réduire en pouces français, en sachant qu'un pied anglais vaut 1 pied français et  $\frac{7}{72}$ .

| Température<br>en degrés centigrades. | Forces élastiques de la vapeur<br>en pouces anglais. |
|---------------------------------------|--|
| 0,00 . . . . .                        | 0,200  |
| 6,00 . . . . .                        | 0,297  |
| 12,50 . . . . .                       | 0,435  |
| 18,75 . . . . .                       | 0,630  |
| 25,00 . . . . .                       | 0,910  |
| 31,25 . . . . .                       | 1,290  |
| 37,50 . . . . .                       | 1,820  |
| 43,75 . . . . .                       | 2,540  |
| 50,00 . . . . .                       | 3,500  |
| 56,25 . . . . .                       | 4,760  |
| 62,50 . . . . .                       | 6,450  |
| 68,75 . . . . .                       | 8,550  |
| 75,00 . . . . .                       | 11,250   |
| 81,25 . . . . .                       | 14,600   |
| 87,50 . . . . .                       | 18,800   |
| 93,75 . . . . .                       | 24,000   |
| 100,00 . . . . .                      | 30,000   |

191. M. de Bettancourt a fait des expériences analogues à celles de Dalton, pour déterminer également la mesure absolue de la force expansive du gaz aqueux, correspondante aux différens degrés de température depuis la glace jusqu'aux plus hautes températures qu'on puisse observer, et il a obtenu les résultats contenus dans la table suivante. Ces expériences ont été faites avec le thermomètre de Réaumur, dont les degrés sont à ceux du thermomètre centigrade comme 5 est à 4.

| Degrés du thermomètre<br>de Réaumur. | Force expansive de la<br>vapeur en pouces français. |
|--------------------------------------|---|
| 0                                    | 0,00  |
| 10                                   | 0,15  |
| 20                                   | 0,65  |
| 30                                   | 1,52  |
| 40                                   | 2,92  |
| 50                                   | 5,35  |
| 60                                   | 9,95  |
| 67                                   | 14,50   |
| 70                                   | 16,90   |
| 80                                   | 28,00   |
| 90                                   | 46,40   |
| 95                                   | 57,80   |
| 100                                  | 71,80   |
| 104                                  | 84,00   |
| 110                                  | 98,00   |

M. de Bettancourt a examiné quelle était la force expansive de l'esprit de vin réduit en vapeur dans le vide, et il a obtenu les résultats suivans :

| Degrés du<br>Thermomètre. | Force expansive<br>en pouces. |
|---------------------------|-------------------------------|
| 0                         | 0,00                          |
| 10                        | 0,45                          |
| 20                        | 1,52                          |
| 30                        | 3,40                          |
| 40                        | 6,90                          |
| 50                        | 12,85                         |
| 60                        | 23,70                         |
| 70                        | 39,40                         |
| 80                        | 63,80                         |
| 90                        | 98,00                         |

On trouve les détails des belles expériences de M. de Bettancourt dans la nouvelle *Architecture hydraulique* de M. de Prony.

192. (a) Un gramme de charbon développe, en brûlant, 7226 degrés de chaleur, suivant les expériences de *Lavoisier* et de *Laplace*. Or, un gramme d'eau à 100 degrés du thermomètre centigrade, pour se réduire en vapeur, absorbe 567 degrés; donc un gramme de charbon devrait réduire en vapeur près de 13 grammes d'eau, en supposant que sa chaleur fût toute employée, et que l'eau fût déjà portée à la température de 100 degrés. Mais, d'après un grand nombre d'essais faits sur les machines les plus parfaites et avec les fourneaux les mieux construits, *M. Clément* a trouvé qu'un kilogramme de charbon de bois ne produit que 6 ou 7 kilogrammes de vapeur, et un kilogramme du meilleur charbon de terre n'en donne jamais plus de 6; d'où l'on voit que la moitié à peu près de la chaleur est perdue par le rayonnement et la communication de la chaudière avec les corps environnans.

193. *M. Guényveau*, dans son *Essai sur la science des machines*, donne les indications suivantes très-utiles sur la quantité d'eau nécessaire pour le service d'une machine à vapeur. Cette quantité est assez considérable, dit-il, pour former souvent un obstacle à leur établissement, ou du moins le sujet d'une grande dépense. Toutes les eaux ne sont pas propres à cet usage; celles que l'on extrait des mines sont en général corrosives, et détruisent très-promptement les chaudières, ce qui fait que l'on cherche à tout prix à s'en procurer d'autres: on pourrait à la vérité les faire servir à la condensation seulement, et n'employer de l'eau de source ou d'étang que pour alimenter la chaudière, en faisant quelques dispositions convenables; mais il ne paraît pas qu'on ait encore pratiqué rien de semblable.

---

(a) *Traité de physique de Biot.*

194. Une machine à vapeur, ajoute M. *Guenyveau*, à simple effet, consomme dans 24 heures environ 292 litres, ou décimètres cubes d'eau par décimètre carré de surface de piston; dans les machines à double effet, la même consommation a lieu pour une surface moitié moindre.

195. La chaudière doit recevoir une quantité d'eau d'environ 0,014 litres pour un décimètre carré de surface de piston et par chaque coup de celui-ci. Cette eau est prise ordinairement parmi celle qui a servi à la condensation.

196. Ordinairement on évalue l'effet d'une machine à vapeur, en comparant son travail avec celui que l'on obtiendrait d'un certain nombre de chevaux de force moyenne. Mais les mécaniciens ne sont pas d'accord sur la fixation du travail journalier d'un cheval; suivant *Watt*, ce travail est équivalent à 265,360 kilogrammes, ou bien à 265 mètres cubes d'eau, élevés à la hauteur d'un mètre, par heure de travail, en supposant que la journée soit composée de 8 heures de travail effectif; suivant *Sméaton*, à 190 mètres, et, suivant M. *Clément*, à 100 mètres.

Il y a des machines qui ont la force de 20, de 30 chevaux, etc. La plus forte que l'on connaisse est celle qui existe dans les mines de Cornouailles; elle a, dit-on, une puissance de 1010 chevaux, et elle sert à épuiser par des pompes une mine de 180 mètres de profondeur.

197. On trouve dans les *Annales des arts et manufactures* le tarif suivant du prix et de la consommation des machines à vapeur de M. *Edwards*, suivant les degrés de force dont elles sont susceptibles.

## Consommation de combustible par heure.

| Puissance de chev. | Prix des mach. | Charb. de terre. | Bois dur. | Tourbe.  |
|--------------------|----------------|------------------|-----------|----------|
| 4 et 6.            | 15,300 francs. | 18 kil.          | 72 kil.   | 124 kil. |
| 8.                 | 20,000         | 22               | 82        | 144      |
| 10.                | 24,600         | 25               | 96        | 168      |
| 12.                | 28,200         | 28               | 112       | 196      |
| 14.                | 33,600         | 32               | 128       | 224      |
| 16.                | 37,600         | 35               | 140       | 245      |
| 18.                | 39,800         | 39               | 154       | 270      |
| 20.                | 42,600         | 42               | 168       | 294      |
| 24.                | 45,500         | 49               | 169       | 340      |
| 26.                | 48,200         | 52               | 208       | 364      |
| 28.                | 50,600         | 56               | 224       | 392      |
| 30.                | 54,200         | 59               | 236       | 413      |
| 34.                | 59,600         | 66               | 262       | 458      |
| 36.                | 63,900         | 69               | 276       | 479      |
| 38.                | 66,500         | 72               | 282       | 518      |
| 40.                | 69,100         | 74               | 288       | 488      |
| 45.                | 73,800         | 76               | 304       | 532      |
| 50.                | 77,000         | 78               | 312       | 546      |

Les prix du tarif sont ceux des machines prises dans les ateliers à Senonches, y compris une chaudière en fonte, et les ferrures du fourneau. La voiture, l'emballage, le montage et la maçonnerie n'y sont pas compris.

Les machines à vapeur de M. *Edwards* pèsent mille hilog. par force de cheval.

198. M. *Molard*, dans un rapport qu'il a fait à la société d'encouragement sur la belle machine construite par M. *Edwards*, rue de Charonne, dit que M. *Richard*, propriétaire de la manufacture où cette machine de la force de six chevaux est établie, a assuré qu'elle fonctionne avec six kilogrammes de charbon de terre, terme moyen par chaque heure de travail. Si l'assertion de M. *Richard* est exacte, cette consommation ne serait que le tiers de celle énoncée dans le tarif.

199. Le meilleur moyen de se former des idées justes de l'utilité que peuvent présenter les machines à vapeur, est la comparaison de leurs produits avec la dépense qu'elles occasionent, comparaison déduite de résultats observés dans des machines depuis long-temps en activité. Nous allons donc exposer quelques-uns de ces résultats qui semblent dignes de confiance.

*Pompe à feu de Chaillot.*

200. M. *Hachette* a rapporté, dans son *Traité des Machines*, les données suivantes de la dépense et du produit de l'année 1807, extraites des registres de l'administration du département de la Seine.

Pour cette année 1807 :

Le temps du travail mesuré en heures est. . . 6434 heures.

Le même temps mesuré en jours de 24 h. est 268  $\frac{1}{2}$  jours.

Le poids du charbon brûlé est. . . . . 2,841,600 kil.

Le volume de la masse d'eau montée est 1,913,109 mètr. cubes.

La hauteur de l'ascension *maximum* est . . . . 32 mètres.

La dépense totale pendant l'année a été de 227,570 francs.

Ce qui donne pour la dépense d'un jour de 24 heures, 849 fr.

En adoptant le système d'évaluation de M. *Watt*, la force de cette machine est équivalente à la force de 108 chevaux.

*Machine de Tarnowitz.*

201. (Voyez *Journal des mines*, an 11.) Elle élève en 24 heures 292,464 mètres cubes d'eau à 1 mètre de hauteur réduite; elle consomme en même temps 5141 kilogrammes de houille.

*Machine de Litry.*

202. (*Journal des mines*, tom. 13). Cette machine construite par MM. *Perrier*, a coûté 23,500 francs, y compris une

seconde chaudière de rechange; elle consomme en 12 heures 18 quintaux de houille, et élève un poids de 1440 quintaux à 320 pieds de hauteur; ou bien, en convertissant ces anciennes mesures en nouvelles, elle consomme en 12 heures 881 kilogrammes de houille, et élève des fardeaux dont le poids équivaut à 7327 mètres cubes d'eau à un mètre de hauteur.

203. (a) MM. *Watt* et *Bolton* évaluent le travail de leurs machines à vapeur de la manière suivante, en prenant pour base la consommation d'un boisseau de charbon de Newcastle, pesant 84 livres, sans avoir égard au temps dans lequel ce boisseau a été dépensé, puisque cela dépend des dimensions de la machine. Suivant ces mécaniciens célèbres, la combustion d'un boisseau de charbon produit le travail suivant: 1°. Elle élèvera trente millions de livres à la hauteur d'un pied; 2°. elle fera moudre et blutter onze boisseaux de froment; 3°. elle fera laminer et fendre pour la clouterie, cinq quintaux de fer; 4°. elle fera marcher mille broches d'une filature à coton et toutes les machines préparatoires, avec la vitesse convenable; 5°. elle équivaudra à la force réunie de dix chevaux.

204. M. *Watt* trouve qu'avec les fourneaux les mieux construits, il faut exposer au moins huit pieds de la surface de la chaudière à l'action du feu et de la flamme pour convertir en vapeur un pied cube d'eau dans l'espace d'une heure, et qu'un boisseau de charbon de 84 livres convertira en vapeur de huit à douze pieds cubes d'eau.

205. Les machines à vapeur inventées en Angleterre y ont été perfectionnées et multipliées d'une manière étonnante. Elles y sont devenues le moteur universel. Plusieurs milliers de ces machines, dont la puissance varie depuis celle équivalente à la

---

(a) *Annales des arts et manufactures*, tome 12.

force d'un cheval, jusqu'à celle de 1000 chevaux, servent aujourd'hui à frapper les monnaies, à filer, à imprimer, à transporter les fardeaux, et à une foule d'autres usages. Presque toutes sont exécutées avec un soin et une précision étonnante. La plupart ne produisent aucun bruit incommode, et jouissent de l'avantage de détruire leur propre fumée.

206. Elles se propagent maintenant en France avec abondance. Un seul mécanicien, M. *Edwards* en a construit quinze en moins de deux années, lesquelles sont établies aux mines d'Anzin, à Grillon, à Montargis, à Orléans, à Saint-Quentin, à Elbeuf, à Bolbec, à Paris. Plusieurs autres mécaniciens habiles partagent avec M. *Edwards* le soin de multiplier ces utiles inventions; parmi eux, on distingue M. *Agneray* de Rouen qui a appliqué aux filatures, des machines à vapeur très-simples et très-bien combinées, où il a supprimé le balancier et quelques autres parties secondaires.

207. Depuis l'époque de *Savery*, réputé le premier constructeur des machines à vapeur jusqu'à nos jours, on a proposé un grand nombre de modifications tendantes à les perfectionner. Ces modifications sont de deux espèces. Les unes ont pour objet les méthodes particulières d'employer la vapeur, et elles embrassent le système entier de la machine; d'autres ne modifient que quelques parties secondaires.

208. Nous allons d'abord nous occuper des premières, et nous décrirons particulièrement les machines sans piston; les machines à pression atmosphérique; celles à simple effet; celles à double effet; les machines à forte pression; les machines à double effet et à double pression; et enfin celles à rotation immédiate.

Nous ferons ensuite connaître les principales modifications

de la seconde espèce, en décrivant les diverses parties secondaires qui entrent dans la composition des machines à vapeur.

209. Tout le jeu des machines à vapeur est fondé sur deux principes, le développement de la force élastique de la vapeur acquise par la chaleur, et sa précipitation subite par le refroidissement.

210. Dans la construction de ces machines quelle qu'en soit l'espèce, on doit mettre en usage tous les moyens possibles de diminuer la quantité de la vaporisation nécessaire à l'effet qu'on a en vue, de diminuer en même temps la dispersion de la chaleur, et par là ménager le combustible; on doit joindre à cette première économie celle de la matière et de la main d'œuvre, en resserrant les dimensions des pièces sans nuire aux résultats; mais on doit surtout prévenir les explosions par de sages précautions prises contre un agent dont la puissance devient destructive lorsqu'elle n'est pas limitée.

#### CLASSE TROISIÈME. — RÉCEPTEURS THERMIQUES.

211. J'appelle *récepteurs thermiques* les réunions d'organes connus sous le nom de *machines à vapeur*, et qui sont destinées à recevoir et à transmettre le mouvement produit par l'action de la vapeur de l'eau bouillante.

Cette classe contient trois genres; récepteurs thermiques sans piston, récepteurs thermiques avec piston, et récepteurs thermiques à rotation immédiate.

#### GENRE PREMIER. — Récepteurs thermiques sans piston.

Ce genre renferme deux espèces; sans balancier; et avec balancier.

PREMIÈRE ESPÈCE. — Récepteurs thermiques sans piston et sans balancier.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — Ancienne machine de Savery. Pl. VII, fig. 1 (a).

212. *Savery* fut un des premiers qui, vers la fin du dix-septième siècle, construisit des machines à vapeur en Angleterre. Ses machines avaient pour but de faire monter l'eau de la manière suivante.

213. Les deux vases 1, 2, sont disposés de manière qu'il peuvent alternativement recevoir de la vapeur et de l'eau froide, qui leur vient du réservoir V avec lequel ils communiquent par le moyen des tuyaux 3, 4, et 6, 7. Supposons que 1 soit rempli de vapeur, les robinets 9 et 10 étant fermés. Si on ferme le robinet 5 pour intercepter la communication entre le vase 1 et la chaudière, la vapeur commencera à se condenser dans le vase par la seule fraîcheur de l'air extérieur : si alors on ouvre le robinet 10, l'eau du réservoir V montera dans le vase 1 à cause du commencement de vide qui s'y est formé, achèvera la condensation de la vapeur, et remplira le vase 1. Qu'on ferme alors le robinet 10, et qu'on ouvre les robinets 9 et 5, la communication étant rétablie entre la chaudière et le vase 1, la vapeur viendra presser l'eau qui y est contenue; cette eau ne pourra plus redescendre par 11; mais trouvant 9 ouvert, elle montera par le tuyau 12 à une hauteur proportionnelle à l'effet de la vapeur. Lorsque le vase 1 sera ainsi vidé d'eau et rempli de vapeur, on fermera les robinets 9 et 5; et les choses deviendront au même état qu'au commencement de cette description. Le vase 2, les tuyaux 6 et 7, et les robinets 14, 15, et 6 font de leur côté les mêmes fonctions, de manière

(a) *Nouvelle architecture hydraulique de Prony, tome 1.*

*De la composition des Machines.*

que quand la condensation a lieu dans l'un des deux vases, l'ascension de l'eau a lieu dans l'autre, et réciproquement.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Autre machine de Savery. Pl. VII, fig. 2 (a).*

214. Le vase F se remplit de vapeur qui lui vient de la chaudière B par le tuyau D. Alors, par le moyen du robinet C, on intercepte la communication entre la chaudière et le vase; on tourne ensuite le robinet M, et on introduit de l'eau froide en F, qui y condense la vapeur et y fait le vide. Le robinet I, étant alors ouvert, l'eau, au moyen du vide opéré, monte du réservoir par le tuyau G et vient en E. On ferme le robinet I, on rétablit la communication entre la chaudière et le vase F, et on ouvre le robinet K; alors la vapeur vient presser sur le fluide qui est en E; et ce fluide ne pouvant redescendre en G, monte par le tuyau L. Le tuyau N sert pour établir, quand il en est besoin, la communication entre l'air extérieur, et l'intérieur de la chaudière.

215. La pression immédiate de la vapeur sur l'eau à élever, produit plusieurs inconvéniens auxquels on a essayé de remédier en établissant un flotteur entre la vapeur et l'eau; le flotteur, en montant, fait lever une soupape qui ferme la communication entre la chaudière et le vase; cette soupape se referme lorsque le flotteur descend: on substitue des soupapes à la place des robinets qui s'ouvrent et se ferment par la pression de l'eau, en sorte que la machine va d'elle-même, en entretenant seulement le feu. On exécuta une machine de cette sorte au jardin de Mouceaux.

---

(a) *Bradley new improvements of Planting and Gardening* — de Prony, *Nouvelle architecture hydraulique* tome 1.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Machine de Nancarrow*. Pl. IX, fig 14.

216. (a) M. *Nancarrow*, américain, est l'inventeur de cette machine à vapeur qui possède plusieurs avantages notables. Elle coûte moins à établir que la plupart des autres machines à vapeur. Elle fournit de l'eau à la chaudière, presque au point de l'ébullition. Sa forme en est simple; les matières dont elle est construite sont peu dispendieuses: les résistances passives sont bien moindres que dans les autres machines; il n'y a d'autres frottemens que celui des robinets, qui est de peu de conséquence.

A, récipient de bois ou de fer. — B B, tuyau de bois ou de fonte servant à conduire de l'eau dans le récipient, et de là au réservoir. — C, réservoir. — D, roue à godets, mise en mouvement par l'eau élevée dans le réservoir. — E, chaudière de fer ou de cuivre. — F, réservoir d'eau chaude destinée à nourrir la chaudière. — G G, deux réservoirs au-dessus du niveau de l'eau courante, renfermant des petites buses et le condenseur de la machine. — H H, surface de l'eau courante qui entretient la machine. — *a a*, tuyau conduisant la vapeur de la chaudière au récipient. — *b*, tuyau qui nourrit la chaudière d'eau chaude. — *c c*, appareil pour la condensation de la vapeur. — *d d*, tuyau conduisant l'eau chaude de l'appareil de condensation au réservoir F — *m m*, soupapes pour l'admission et l'exclusion de l'eau. — *ff*, tube d'injection avec son robinet. — *h*, condenseur. Les robinets s'ouvrent et se ferment par des procédés analogues à ceux qu'on emploie à cet usage dans d'autres machines. Avant de mettre la roue en mouvement, il est indispensable de remplir le récipient, le réservoir et tous les tuyaux. Dès que la vapeur a acquis assez de force, la soupape *i* s'ouvre,

(a) *Annales des arts et manufactures*, tome 7.

et la vapeur passe de la chaudière E dans le récipient A, l'eau descend par son effort dans les tuyaux A B, et s'élève, en ouvrant la soupape K, dans le second tuyau B, et par là remplit le réservoir C. Cette opération terminée et la soupape étant fermée, celle qui se trouve en haut du tuyau g s'ouvre sur-le-champ, et la vapeur descendant par ce même tuyau, rencontre dans son passage un jet d'eau froide fourni par le tuyau d'injection *ffg* qui la condense; le vide formé par cette condensation fait remonter l'eau de nouveau à travers les soupapes *m m*, par l'effet de la pression atmosphérique, et aussitôt le grand tuyau B se remplit: ensuite la soupape à vapeur *i* s'ouvre de nouveau, et le travail de la machine continue aussi long-temps qu'on le désire.

217. L'eau qui se trouve dans le tuyau supérieur près le récipient, acquiert un grand degré de chaleur, étant presque toujours en contact avec la vapeur, ce qui la porte presque à la température de l'eau bouillante; le récipient conserve une température uniforme. Un très-petit courant d'eau suffit pour alimenter cette machine, même dans le cas où l'on n'a pas de chute d'eau, puisque toute celle qu'élève la pompe, retombe dans le réservoir H H.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Récepteurs thermiques sans piston*, Planche XI, fig. 5 et 6 (a).

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *A simple effet.*

218. M. *Moult* a imaginé le moyen suivant d'employer de l'eau ou quelque autre fluide pesant en remplacement des cylindres et des pistons. Les autres parties de sa machine, telles que

---

(a) *Repertory of arts*, mars 1818. — *Bulletin de la Société d'encouragement*, 14<sup>e</sup>. année.

balanciers, bièles, volant, pompe à air, condenseur, etc., sont semblables à celles en usage dans les machines ordinaires.

219. Un récipient d'une capacité égale ou plus grande que le cylindre ordinaire, est fixé à l'une des extrémités du balancier ou à toute autre partie mobile de la machine; il est ouvert par le fond, et plongé dans une bêche placée immédiatement au-dessous, et remplie d'eau ou de quelque autre fluide. Le tuyau à vapeur passe à travers la bêche et s'élève dans l'intérieur du récipient, au-dessus du niveau du liquide; il est muni d'une soupape, dont l'ouverture ou la clôture, déterminée par une tringle communiquant au moteur, permet ou interdit alternativement le passage de la vapeur dans le récipient. Un autre tuyau placé au sommet du récipient, aboutit au condenseur, et sert à y conduire la vapeur; il est muni d'une soupape de sortie, au moyen de laquelle on peut interrompre à volonté la communication du condenseur. L'extrémité opposée du balancier doit être chargée d'un poids suffisant pour élever le récipient lorsque le vide y est fait. Voici quel est l'effet de la machine.

220. Aussitôt que la vapeur commence à pénétrer dans le tuyau, on ouvre la soupape *g*, afin qu'elle puisse passer dans l'intérieur du récipient; alors celui-ci s'élève; et, lorsqu'il est parvenu à son plus haut point d'élévation, et par conséquent rempli de vapeur, on ferme la soupape *g*, et on ouvre immédiatement celle de sortie *h*, qui conduit au condenseur. L'injection qui se fait dans cette dernière partie de la machine atténue la vapeur du récipient et y forme le vide. Alors le liquide pesant qui remplit la bêche, pressé par l'atmosphère, s'élancera dans le récipient à une hauteur proportionnée à sa pesanteur spécifique. De cette manière, le récipient se trouvera retenir une colonne de fluide d'une hauteur telle, que son poids le fera descendre avec une force proportionnée à sa pesanteur et à sa surface.

La hauteur du récipient devra excéder celle de la colonne d'eau d'une quantité équivalente à la longueur du coup ou de l'impulsion qu'on doit donner à la machine ; en sorte que, lorsqu'il aura atteint le *maximum* d'abaissement, le fluide remplira toute sa capacité.

221. On doit fermer la soupape *h* et ouvrir en même temps celle *g*, qui permettra qu'une nouvelle quantité de vapeur passe dans le récipient, et cause de nouveau son élévation, aidée par le contre-poids placé à l'autre extrémité du balancier ; et c'est ainsi que le mouvement continue par l'abaissement et l'élévation alternative du récipient.

222. Pour simplifier la machine, on peut omettre la pompe à air et le condenseur. Dans ce cas on adapte un tuyau d'injection qui conduit l'eau froide d'un réservoir supérieur dans le récipient, lorsque la soupape est ouverte, laquelle eau condense la vapeur, ce qui produira le vide et les mêmes effets ci-dessus décrits. Mais pour cela, il faudra pourvoir aux moyens de se débarrasser de l'eau d'injection, ce qui sera facile lorsque le fluide employé est de l'eau, puisqu'elle pourra se mêler avec celle contenue dans la bûche ; mais, quand on se sert d'un autre fluide, il faut adapter un tuyau de décharge pareil à celui des machines ordinaires, qui descendra dans quelque réservoir inférieur, de manière que le fluide s'échappera aussitôt que la vapeur entre dans le récipient ; pour prévenir le retour de l'eau lorsque le vide est formé, le bout du tuyau de décharge est muni d'une soupape de retour ouvrant en dehors. Une pareille soupape est placée au sommet du récipient pour évacuer l'air qu'il contient, quand la vapeur y est admise ; la pression atmosphérique sur cette soupape empêchera l'air extérieur de rentrer dès que le vide est formé. La condensation pourrait aussi s'opérer sans injection, en faisant tomber un courant d'eau froide sur l'extérieur

du récipient; mais ce moyen ne peut être employé que dans les petites machines dites à *simple effet*. Dans celles à double effet, on fixe un récipient à chaque extrémité du balancier, et on omet le contre-poids comme nous le dirons ci-après.

223. Pour diminuer la quantité de fluide dans lequel le récipient est plongé, on peut placer au fond de la bêche un corps solide capable de remplir la capacité intérieure du récipient; dans ce cas, l'eau n'occupera que l'espace compris entre le récipient et la bêche.

224. Les liquides que l'auteur emploie sont l'eau, les huiles, les dissolutions salines, le mercure ou tout autre mélange qui est fluide à la température de l'eau bouillante. Il faut toujours avoir soin de proportionner la longueur du récipient à la pesanteur spécifique du liquide employé, et à la pression que l'atmosphère exerce sur le sommet de ce récipient.

A, balancier en fer portant à l'une de ses extrémités un contre-poids C, et à l'autre un récipient en forme de cloche B, qui est suspendu par une tige D mobile à charnière, sur le balancier, et conservant toujours sa position verticale, quel que soit son degré d'élevation ou d'abaissement. Pour rendre cette position constante, un bras de levier E, parallèle au balancier, forme avec celui-ci et la tige D un parallélogramme dont deux côtés opposés sont toujours verticaux. F, est une bêche carrée remplie de mercure ou de tout autre fluide pesant, jusqu'au niveau marqué *ab*, dans lequel est plongé le récipient B. La différence des deux niveaux est indiquée par les lettres *c d*. Le fond de la bêche est percé d'un trou, à travers lequel passe le tuyau à vapeur G qui aboutit à la chaudière; l'extrémité de ce tuyau s'élève au-dessus du niveau du fluide dans le récipient; il est muni d'une soupape *g* qui s'ouvre et se ferme alternativement par l'effet du mouvement d'une tringle verticale *i*, qui est mue par le levier E

et qui fait agir deux bascules *kl* dont la dernière *l*, placée dans l'intérieur du récipient, porte à l'une de ses extrémités la soupape *g*.

Un autre tuyau *H*, fixé au sommet du récipient, conduit la vapeur au condenseur; il doit être flexible pour suivre le mouvement d'élevation ou d'abaissement du récipient, et être également muni d'une soupape *h*.

DEUXIÈME VARIÉTÉ — *A* deux récipients Pl. XI, fig. 7 et 8.

225. On place aux extrémités opposées du balancier, deux récipients ayant une communication entre eux. On en remplit un d'eau ou de quelque autre fluide pesant. La vapeur, en entrant dans le récipient plein d'eau qui se trouve le plus bas, force le liquide qui y est contenu à remonter dans le récipient vide ou supérieur dont le poids fera alors baisser le balancier.

L'un de ces deux récipients *R* communique alternativement avec la vapeur et le condenseur par le moyen de deux tuyaux *M* et *L*, tandis que l'autre récipient *T*, ouvert au sommet, communique avec l'air extérieur.

Le coude du tuyau à vapeur peut être fait de manière à se fermer et à s'ouvrir comme un robinet, lorsque le balancier vibre sur son centre; il est disposé pour donner passage à la vapeur lorsque l'extrémité du balancier qui porte le récipient à vapeur est au-dessous de la position horizontale; dans l'autre position au contraire, le passage sera fermé, et celui du condenseur sera ouvert.

226. Pour expliquer l'action de cette machine, supposons le récipient à vapeur dans la position la plus basse et rempli de fluide, la machine étant en repos. La vapeur, en y entrant, déplace le fluide et le force de passer par le tuyau de communication dans l'autre récipient qui est alors le plus élevé. Le poids

du fluide, étant ainsi transporté à l'autre extrémité du balancier, le forcera à s'abaisser. Lorsqu'il reprend la position horizontale, le passage de la vapeur est interrompu, et le mouvement continue jusqu'à ce que le récipient à vapeur redevienne le point le plus élevé, et le récipient ouvert le point le plus bas. Un courant d'eau froide, venant à tomber sur le récipient R, condense la vapeur qu'il contient et produit le vide. Aussitôt, la pression atmosphérique sur la surface du fluide, dans le récipient ouvert, le forcera de remonter par le tuyau de communication L dans le récipient à vapeur qui, étant alors à la partie la plus élevée du balancier, s'abaissera par son poids. L'axe creux du balancier permet de nouveau l'admission de la vapeur dans le récipient R, dont le fluide est forcé de retourner dans le récipient ouvert, et ainsi réciproquement.

GENRE DEUXIÈME. — Récepteurs thermiques avec piston.

227. Ce genre contient cinq espèces, 1. à pression atmosphérique; 2°. à simple effet; 3°. à double effet; 4°. à forte pression; 5°. à forte pression et à double effet.

PREMIÈRE ESPÈCE. — Récepteurs thermiques avec piston à pression atmosphérique.

*Machine de Newcomen. Pl. VII, fig. 3.*

228. Le feu étant allumé en F sous la chaudière A, et le clapet ou soupape *b d* étant ouvert, la vapeur entre par le tuyau *a* dans la partie inférieure B du cylindre B B' ouvert à sa partie supérieure; cette vapeur fait monter le piston X, qui tient au balancier P Q par la tige de métal X K, et la chaîne tangente K K; l'axe ou centre de rotation du balancier étant en C, à mesure que le piston X monte, l'équipage Z' Z y attaché à l'autre extrémité du balancier descend; lorsque X est parvenu au point le plus haut de sa course, l'ouverture *b d* se ferme, et

*De la composition des Machines.*

la communication entre la vapeur renfermée dans le cylindre B et celle renfermée dans la chaudière A, se trouve ainsi interceptée. Alors le robinet *r* s'ouvre et laisse passer par le tuyau *j r t* de l'eau froide dans l'espace B rempli de vapeur. Cette vapeur se condense, le vide se fait en B, et l'atmosphère, pressant sur la partie supérieure du piston, le fait redescendre ainsi que tout l'équipage X K K, et fait remonter tout l'équipage *y Z Z'*: lorsque X est parvenu au point le plus bas de sa course, le robinet *r* se ferme, l'issue *b d* s'ouvre de nouveau, la vapeur s'introduit en B, fait remonter le piston X, redescendre le piston *y*; et ainsi de suite: le piston *y* peut donc, par ses mouvemens alternatifs, ainsi produits et correspondans à ceux que la vapeur et le poids de l'atmosphère donnent successivement au piston X, être employé à pomper l'eau, ou à mouvoir une autre machine quelconque.

229. On voit que dans cette machine la vapeur ne peut se condenser au degré nécessaire pour produire un vide approché, à moins que le cylindre et l'eau qu'il contient ne puissent être refroidis jusqu'à une température au-dessous de trente degrés, et que, par une température plus élevée, l'eau doit produire dans le cylindre une certaine quantité de vapeur qui diminue par sa résistance l'effet de la pression atmosphérique. D'autre part, si l'on veut essayer à produire un vide plus parfait, il faut augmenter dans une grande proportion les quantités relatives de l'eau d'injection, ce qui augmente d'autant la dépense de vapeur pour remplir le cylindre.

DEUXIÈME ESPÈCE. — Récepteurs thermiques avec piston à simple effet.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — Machine de Watt, à simple effet. Pl. VII, fig. 4.

230. Cette machine a été imaginée par le célèbre *Watt*, vers l'année 1770. Si l'on suppose le vide fait dans la partie in-

férieure  $B'$  du cylindre  $B B'$ , la vapeur qui se forme dans la chaudière  $A$  s'introduit par le tuyau  $b$  dans la partie supérieure  $B$  du cylindre bien fermé par une plaque de métal  $O O'$  qui n'a d'autre ouverture que le trou circulaire  $O''$ , très-exactement rempli par la tige  $X X$  du piston : la vapeur, avant d'entrer en  $B$ , traverse un espace fermé par deux soupapes, la soupape supérieure étant ouverte et l'inférieure étant fermée. Dans cet état, l'effet de la vapeur doit être de faire baisser le piston  $X$  et de faire élever, au moyen du balancier  $P C Q$ , tous les équipages  $K, X^1, K^2 X^2, Z Y$ . Ce dernier produit l'effet utile de la machine : lorsque le piston  $X$  est descendu au point le plus bas de sa course, la soupape supérieure se ferme et la soupape inférieure s'ouvre ; alors la vapeur contenue dans la partie supérieure  $B$  a un libre passage par le canal vertical  $V$ , et par le canal horizontal  $V^1$  qui aboutit à la partie inférieure  $B'$  du cylindre, dans laquelle cette vapeur vient s'introduire. Le piston  $X$  se trouve donc alors également pressé par la vapeur dans ses parties supérieures et inférieures, et cette vapeur n'influe plus sur son mouvement. Dans ce cas, l'excès de pesanteur des équipages qui sont du côté  $Q$  du balancier, à laquelle pesanteur s'ajoute celle du contre-poids  $p$ , fait remonter le piston  $X$  et redescendre tous les équipages qui sont du côté  $Q$  du balancier : à mesure que le piston  $X$  remonte, il chasse la vapeur contenue dans la partie supérieure  $B$  du cylindre ; mais ce fluide reflue par les canaux  $V$  et  $V^1$ , et vient se loger dans la partie inférieure  $B'$  où le vide commence à s'effectuer.

231. Il faut observer que le canal vertical  $V$  descend jusqu'en  $V^2$ , et que le tuyau  $j j'$ , ouvert en  $j'$  et fermé en  $j$  par une soupape, a une partie de sa longueur dans le canal  $V V^2$ , et l'autre partie dans un réservoir  $E$  toujours plein d'eau : ce réservoir ne peut avoir de communication avec le canal  $V V^2$

que par le moyen du tuyau  $j j'$ , et dans le cas où la soupape  $j$  est ouverte. Maintenant lorsque le piston  $X$  est parvenu, comme on a vu, au point le plus haut de sa course, la soupape  $j$  s'ouvre, l'eau jaillit par l'orifice  $j'$ , et la vapeur contenue dans l'espace  $B'$  se condense; les soupapes  $T$  et  $m$  sont fermées.

La vapeur étant ainsi condensée, les soupapes  $T'$  et  $j$  se ferment, et la soupape  $T$  s'ouvre; alors la vapeur agit dans l'espace  $B$  sur la partie supérieure du piston  $X$ , et les choses reviennent au même état où elles étaient au commencement de cette description.

232. Lorsque la condensation s'est faite dans l'espace  $B'$  l'eau d'injection qui a jailli par l'orifice  $j'$ , est restée dans le canal  $V^2 V^3$ ; cette eau s'est échauffée par son mélange avec la vapeur, et se trouve ordinairement à une température de 30 à 45 degrés; de plus, il y a une certaine quantité d'air dégagée de cette eau qui se trouve à la même température, et déploie un ressort relatif à sa chaleur et à l'espace dans lequel il peut s'étendre. Il s'agit donc d'ôter l'eau et l'air que l'injection a introduits dans le canal  $V^2 V^3$ ; c'est à cet usage que sont destinées les pompes  $K$  et  $L$ . On conçoit aisément que dans l'espace  $B' V^2 m V^3$ , la vapeur due à une température d'environ 40 degrés occupe la partie supérieure, l'air est au-dessous, et l'eau d'injection occupe la partie inférieure; lorsque le piston  $X$  descend, le piston  $K$  monte et tend à faire le vide au-dessous de lui; mais la vapeur contenue en  $B'$ , tant par la force expansive, qui est toujours équivalente à une colonne de mercure d'environ 4 pouces, que par la compression du piston  $X$  qui, en descendant, diminue l'espace  $B'$ , cette vapeur agit sur l'eau et l'air inférieur, ainsi que sur la soupape  $m$ ; cette soupape, lors de l'ascension du piston  $K$ , n'est comprimée dans le sens  $V^3 m$  que par une colonne d'eau dont la surface supérieure est au

niveau du point le plus bas de la descente du piston K, et qui n'équivaut qu'à une colonne de mercure de quelques lignes de hauteur, le piston K soutenant toute l'eau supérieure. La soupape *m* doit donc s'ouvrir, et l'air et l'eau introduits du côté de  $V^2$  par la précédente injection, doivent passer du côté  $V^3$ . Le piston K, par son ascension, fait passer l'eau des injections antérieures au-dessus de la soupape *f*; de là elle est conduite par le piston L en  $K^2$ , où elle peut rentrer dans la chaudière par le tuyau *g g*.

233. On a des moyens pour diminuer à volonté l'ouverture de la soupape *j*, et modérer par là la rapidité de la condensation de la vapeur. Elle n'exige ainsi que la machine précédente pour son mouvement, que l'entretien du feu qui est sous la chaudière, tout le reste s'opérant par le mécanisme même de la machine.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Machine de Salder*. Pl. IX, fig. 6 (a).

234. R S T V, châssis de charpente. — A, grand cylindre; la tige du piston est maintenue dans une position verticale par la poulie I, qui roule dans une coulisse de fonte. L'élévation et l'abaissement de cette poulie fait mouvoir le levier N O qui fait tourner le volant P Q. B est un second cylindre ouvert en haut; la tige de son piston est munie d'une poulie de frottement K semblable à celle de l'autre cylindre. Les deux pistons, étant combinés avec le même levier L M, donnent leurs coups simultanément. — D est une soupape placée dans le piston A, qui s'ouvre par l'effet de sa petite tige frappant (quand le piston descend) contre le fond du cylindre: elle reste ouverte pendant l'ascension du piston; et, quand le mentonnet, au-dessus de la soupape, est pressé contre le haut du cylindre, elle se ferme.

(a) *Annales des arts et manufactures*, tome 1.

235. Supposons les pistons près du haut de leurs cylindres respectifs, et la soupape D ouverte: si la soupape C de la chaudière s'ouvre, la vapeur passera à travers le cylindre A, et elle entrera dans B par le conduit E chassant l'air devant elle par la soupape G. Si alors la soupape D est fermée par l'élévation du piston, et qu'on injecte de l'eau froide par F dans B, la vapeur dans ce cylindre sera condensée aussi-bien que celle qui se trouvera au-dessous du piston du cylindre A, et les deux pistons descendront; celui en A, par l'élasticité de la vapeur, et celui en B, par la pression atmosphérique. A la fin de cette descente, la soupape D se rouvrira, et le piston du grand cylindre sera libre de s'élever de nouveau par l'action de la vapeur qui presse également de chaque côté, d'autant mieux que, la soupape C étant fermée, la communication avec la chaudière sera interceptée. La vapeur qui occupait l'espace au-dessus du piston dans A se répandra par E, et aidera le piston dans B à se lever; le fluide agira au-dessous de ce piston avec une force peu éloignée de celle qu'il vient d'exercer en A. Le piston du cylindre B étant descendu au point de toucher la surface de l'eau injectée, le fluide élastique qui repose sur elle, oblige non-seulement l'air, mais encore une portion de l'eau chaude à traverser la soupape C; le piston élève cette eau avec lui, et elle est reçue dans un conduit à mesure qu'elle déborde le cylindre pour être employée à fournir le réservoir de la chaudière. La vapeur qui suit le coup, montant du cylindre B ( qui produit alors l'effet d'une pompe aspirante ), chasse devant elle tout le fluide élastique qui se trouve dans le passage E au-delà du clapet de ce même conduit où il reste dans le cylindre B jusqu'à ce que le coup suivant l'ait débarrassé. La quantité d'eau qui s'élèvera au-dessus de ce piston par la soupape C, peut être réglée par la hauteur de la surface extérieure du réservoir où le tuyau se décharge.

L'excédant de force qu'aura acquis la vapeur au-dessous du second cylindre, sur celle qui est nécessaire pour vaincre son poids et celui de l'eau qu'il enlève, sera un accroissement de puissance à cette machine; et cette augmentation continuera progressivement à mesure que le piston montera, et que la quantité d'eau qui pesait sur lui diminuera en s'écoulant au réservoir de la chaudière.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Machine à vapeur de Cartwright. Pl. IX, fig. 1 (a).*

236. A, cylindre à vapeur communiquant avec la chaudière par le tuyau *a*; — B le piston; I, le tuyau qui conduit la vapeur dans le condenseur, ou double cylindre *c*, où elle se condense, et de là passe par *b* dans la pompe D. Le piston de cette pompe, en descendant, presse l'eau condensée sur la soupape *c*, et la ferme; par ce moyen, l'eau est forcée de remonter par *d* dans le réservoir d'air E. Le peu d'air ou fluide élastique qui aurait été forcé avec l'eau dans E, s'élève au haut de la boîte, et, agissant par son élasticité sur la surface de l'eau, ferme la soupape du tuyau *h*, et force l'eau de retourner de nouveau à la chaudière. Quand il se trouve une assez grande quantité d'air pour faire submerger le ballon *g*, la soupape *e* s'ouvre, et en laisse échapper une partie. — F, soupape à vapeur, qui s'ouvre par le moyen du piston B, lequel repousse la tige au-dessous de F, en même temps que la soupape G se ferme par la pression de sa tige contre le haut du cylindre. Quand le piston B descend par l'effort de la vapeur introduite dans le tuyau *a* à travers la soupape F, et que ce piston est arrivé au point de toucher le fond du cylindre, la soupape G est ouverte par sa tige inférieure, qui frappe contre le fond; au même instant le ressort *i* ferme la soupape à vapeur F. — M, grand réservoir à eau pour con-

(a) *Annales des arts et manufactures*, tome 1.

denser la vapeur dans le double cylindre C. La vapeur passe entre les deux cylindres de fonte dont il est formé, et un courant d'eau froide baigne celui de dehors, et traverse celui de dedans; par ce moyen, on expose un très-petit volume de vapeur à la plus grande surface possible exposée à l'action de l'eau froide. — N, *steam-box*, boîte pour prévenir la sortie de la vapeur par la tige du piston, en plaçant plusieurs rangs ou segmens de cercle ou des anneaux plats de cuivre correspondans au diamètre de la tige, et pressés contre elle par des ressorts; chaque rang supérieur est placé de manière à briser les joints de l'inférieur. Celui du milieu est double; le reste de la boîte est rempli d'huile. Le frottement est moindre d'après cette méthode que d'après la manière ordinaire.

237. Pour éviter le frottement du piston qui est très-considérable dans les machines à vapeurs ordinaires, *Cartwright* imagina de les faire entièrement de métal. La base du piston est tant soit peu de moindre calibre que le cylindre; sa surface est bien polie; on pose sur cette base plusieurs segmens d'un cercle en cuivre, parfaitement ajustés au diamètre du cylindre; ces segmens sont poussés en dehors par plusieurs ressorts, et les joints brisés sont couverts par un autre rang de segmens semblables au précédent: le tout est recouvert d'un anneau du même diamètre que la base à laquelle il est vissé, de manière, cependant, à ce que les segmens puissent glisser librement entre l'anneau et la base, et presser contre les parois du cylindre.

TROISIÈME ESPÈCE.—*Récepteurs thermiques à double effet.* Planche VIII, fig. 1 et 2. *Plan et coupe verticale.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ.—*Machine de Watt.*

238. *a*, cylindre à vapeur; — *b*, piston mu par la vapeur. Il

s'élève lorsque la vapeur arrive par la partie inférieure *i*; et il s'abaisse lorsqu'elle arrive par la partie supérieure *k*. Lorsque la vapeur arrive par la partie inférieure *i*, pour comprimer le piston, et le soulever, la vapeur qui se trouve dans la partie supérieure se porte, par un conduit particulier, dans le condenseur où elle est condensée par l'injection de l'eau froide, et forme un vide qui facilite le mouvement ascensionnel du piston. Lorsque la vapeur arrive par la partie supérieure *k*, celle qui remplit l'espace inférieur sort par l'ouverture *i*, pour se porter dans le réfrigérant et former un vide qui facilite le mouvement descendant du piston. — *c*, chaudière dans laquelle est l'eau bouillante qui produit la vapeur pour se porter de là, par le canal *n*, dans le grand cylindre. — *d*, réservoir rempli d'eau fraîche qui fournit celle qui est nécessaire au réfrigérant. Cette eau y est apportée par une pompe *p*, que fait mouvoir le grand balancier de la machine, en même temps qu'une autre pompe *g* enlève l'eau du réfrigérant échauffée par la vapeur qu'elle a condensée; une partie de cette eau rentre dans la chaudière pour fournir à la consommation; l'autre qui est superflue est rejetée en dehors. — *e*, condenseur, petit cylindre dans lequel est un tube recourbé qui communique au réservoir *d*, et qui y lance des jets d'eau qui servent à condenser la vapeur. — *f*, tige communiquant à un levier *m*, qui fait mouvoir le mécanisme *l* qui ouvre et ferme les soupapes d'entrée et de sortie de la vapeur. — *g*, tige du piston. — *h* *h*, grand balancier mu également par la tige *g* du piston et dont l'extrémité *h'* est appliquée aux machines qu'il doit faire mouvoir. — *h' v*, tringle qui fait communiquer le mouvement du balancier au volant *H*. — *i*, ouverture inférieure du grand cylindre à vapeur. — *k*, ouverture supérieure. — *l*, mécanisme appliqué au jeu des soupapes. — *m*, levier oscillant mu par la tige *g* du piston. — *n*, conduit pour faire parvenir la vapeur de

la chaudière au grand cylindre. —  $p$ , pompe qui aspire l'eau fraîche nécessaire au réfrigérant. —  $g$ , pompe qui aspire l'eau chauffée par la vapeur. —  $H$ , volant mis en mouvement par la tringle  $h' v$ , et par les roues dentées  $r s$ . On a donné à cet engrenage, imaginé par *Watt*, le nom de *mouche*. —  $r$ , roue d'engrenage fixée sur  $h' v$ , qui communique un mouvement de rotation à la roue d'engrenage  $s$  sur laquelle elle roule. —  $s$  roue d'engrenage fixée sur l'axe du volant, et qui lui communique son mouvement de rotation.

239. Les machines à double effet comparées à celles désignées sous le nom de *machines à simple effet*, présentent les avantages suivans (  $a$  ).

1°. La condensation n'ayant lieu que par intervalle dans les machines simples, il faut dans ces espèces de machines, faire les chaudières assez grandes pour qu'elles puissent accumuler, dans leur partie supérieure, une quantité de vapeur, telle que la machine simple puisse faire en un temps ce que la machine à double effet fait en deux. Au contraire, la condensation s'opérant sans cesse, et la vapeur sortant continuellement de la chaudière, dans les machines à double effet, leurs chaudières n'ont pas besoin d'avoir une aussi grande capacité, ce qui en rend la construction plus simple et plus économique.

2°. La chaudière des machines simples doit être beaucoup plus épaisse que celle des machines à double effet, afin de pouvoir supporter l'excédant de pression qu'exerce la vapeur pendant le temps où la chaudière ne fait aucune dépense. On observe, dans une machine à simple effet lorsqu'elle est en mouvement, qu'à des intervalles périodiques, la vapeur, sort avec effort par les joints de la chaudière, et même par la

(  $a$  ) *Nouvelle architecture hydraulique de Prony, tome 2.*

soupape de sûreté. Ces intervalles correspondent aux temps où la chaudière ne fait aucune dépense.

Cet inconvénient n'a pas lieu dans les machines à double effet, parce que la chaudière faisant une dépense continue et uniforme, ses parois sont toujours également pressés, et la pression est moindre que dans celles des machines à simple effet.

3°. L'expérience a prouvé que la surface de l'eau se réduit d'autant plus facilement en vapeur, qu'elle se trouve moins comprimée; la quantité de feu étant d'ailleurs la même, il suit de là qu'à égale dépense de vapeur dans un temps donné, la machine à double effet doit dépenser moins de combustible que la machine simple. Cette propriété résulte nécessairement de ce que dans la machine simple, à effets égaux, la pression moyenne est plus grande que dans la machine à double effet.

4°. Dans les machines à double effet, la vapeur exerçant une action continuelle dans le cylindre, il suffit qu'elle agisse sur une surface égale à la moitié de celle nécessaire pour produire le même effet dans la machine simple. Cet avantage procure une épargne, non - seulement sur la matière du cylindre, mais encore sur celle de toutes les pièces qui en dépendent.

5°. Pour produire le mouvement d'oscillation dans la machine simple, il faut placer un contrepoids à l'extrémité du balancier opposée à celle qui soutient le piston du cylindre à vapeur: l'effet de ce contrepoids doit être la moitié de celui de la vapeur qui agit dans le cylindre, et il sert à entretenir le mouvement de rotation du volant pendant l'ascension du piston du cylindre à vapeur: la machine à double effet dans laquelle la vapeur exerce, au moyen de la tige rigide du piston du cylindre, une action continuelle et uniforme sur le balancier, n'a par conséquent nul besoin de contrepoids. La machine à double effet a trois soupapes de plus que celle à effet simple; mais elle

jouit de l'avantage de diminuer les masses à mouvoir, dont on ne saurait trop réduire la quantité dans les machines à mouvements alternatifs.

6°. Outre l'économie du combustible, celle des frais de la machine, la propriété importante de diminuer les masses qui doivent avoir un mouvement alternatif, la machine à double effet a encore l'avantage de l'uniformité du mouvement.

Dans les machines à simple effet à rotation, on peut faire monter le contrepoids avec la vitesse qu'on désire; mais, à la descente, ce poids abandonné à lui-même, communique tout son mouvement au volant, et peut lui donner une vitesse capable de briser la machine, ce qui est arrivé plusieurs fois.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Petite machine de MM. Martin et Albert. Planche X, figures 3, 4 et 5.*

Extrait du rapport de M. Prony à la Société d'encouragement.

240. La machine à feu, après avoir été, depuis environ un siècle et demi, l'objet d'un grand nombre de recherches et d'essais, sur lesquels se fondaient le plus souvent d'importantes spéculations de manufacture et de commerce, semble peu éloignée des limites de la perfection dont elle est susceptible. Les conditions à remplir pour atteindre ces limites, sont non-seulement d'assurer et de rendre facile le jeu de la machine, de lui donner une construction solide, mais encore d'obtenir son effet utile avec la moindre dépense possible de matière combustible, et d'augmenter ainsi, de plus en plus, l'avantage qu'elle a toujours eu sur les machines mues par les moteurs animés; car il est bien reconnu que la force motrice empruntée de la vapeur de l'eau produit un effet donné avec beaucoup plus d'économie que la quantité d'action fournie par les forces animales, même en

ayant égard aux capitaux consommés par les frais d'établissement primitifs.

241. L'air et l'eau sont aussi des moteurs moins chers que les moteurs animés ; mais leur produit est local et limité, dépendant des variations de l'atmosphère et de l'influence des saisons ; les crues d'eau, les sécheresses, les gelées, etc., interrompent leur action. La machine à feu, exempte de ces inconvéniens, peut être établie partout où l'on a le moyen de se procurer des matières combustibles. L'intensité et la durée de son action sont entièrement au pouvoir de l'homme.

C'est sans doute à des avantages aussi précieux qu'est dû l'usage général que les nations distinguées par leur industrie font de la machine à feu ; mais il est à remarquer que l'utilité de cette belle invention a semblé jusqu'à présent exclusivement réservée aux grands établissemens, au cas où l'on a besoin d'une puissance considérable ; et on n'avait pas encore, sur la possibilité de son emploi pour suppléer avantageusement à un petit nombre de moteurs animés, des données de fait suffisantes pour la solution d'une aussi importante question.

242. La société d'encouragement, qui marche vers le but de son institution avec un zèle aussi actif que soutenu, n'a pas vu sans peine cette lacune dans les ressources que le génie a créées pour l'industrie, et elle a voulu la remplir. Elle ne s'est point dissimulée que la condition essentielle de l'économie ne pouvait jamais être remplie aussi complètement par de petites que par de grandes machines ; les causes de cette disproportion entre les dépenses et les effets utiles dues aux réductions considérables des dimensions, sont depuis long-temps connues des mécaniciens ; mais la société a jugé que ce n'était pas moins un sujet très-intéressant de recherches, que celui qui a pour objet de savoir si, malgré l'excès de cherté relative des petites machines

à feu comparées aux grandes, elles pourraient cependant procurer une économie sur d'autres forces motrices qu'elles remplaceraient.

243. C'est d'après de pareils motifs que la société d'encouragement proposa, en l'année 1807, un prix de six mille francs, à accorder en 1809, à celui qui présenterait la meilleure machine à feu d'une force équivalente à celle qui est nécessaire pour élever en douze heures 1,000,000 de kilogrammes à un mètre de hauteur, avec la condition que la dépense totale, en opérant cet effet journalier pendant le temps assigné, n'excéderait pas, à Paris, la somme de 7 francs 50 centimes, les intérêts du capital et les frais de l'entretien compris.

La machine présentée par MM. *Albert* et *Martin* ayant complètement satisfait aux conditions du programme, la société d'encouragement a décerné à ces mécaniciens le prix de 6000 francs.

244. Cette machine représentée ( Pl. X fig. 3, 4, 5 ), est établie dans les proportions convenables pour remplacer la force de dix hommes. Les dimensions intérieures du bâtis qui renferme tout le mécanisme n'excèdent que très-peu le diamètre du volant, ce qui rend le placement de la machine plus facile, et l'usage plus commode pour les ouvriers. La bâte est entièrement débarrassée de la pompe à air et du condenseur, ce qui est un très-grand avantage, surtout dans de petites machines où l'eau est promptement échauffée par la présence de ces deux parties essentielles du mécanisme; l'eau y étant toujours fraîche, l'injection a plus d'effet avec la même dépense, et les joints de la bâte sont plus faciles à réparer, puisqu'ils sont à découvert et apparens. Les coussinets de l'arbre du volant et ceux de l'arbre portant deux bras de leviers qui reçoivent et transmettent le mouvement, sont tous quatre recou-

verts et serrés par des écrous dentés en forme de crochets, et arc-boutés de manière que le mouvement de la machine ne peut les desserrer; une seule soupape à tiroir, extrêmement simple et ingénieuse, ouvre et ferme les passages par où la vapeur pénètre de la chaudière dans le cylindre, au-dessus et au-dessous du piston alternativement, et établit en même temps la communication entre le condenseur et les capacités du cylindre remplies de vapeur, en sorte que, par le seul mouvement d'allée et venue de cette soupape, on obtient le vide au-dessus du piston, à l'instant même que la vapeur arrive au-dessous en quantité proportionnée à l'effet qu'on veut produire, et réciproquement.

245. La fig. 3 (Pl. X,) représente l'élévation de la machine complète dans toutes ses parties, et dont on a retranché seulement l'un des côtés du bâtis pour mettre à découvert tout le mécanisme. A A A A, bâtis en bois de chêne, assemblé et boulonné, de manière qu'on peut le transporter plus facilement. — B, bêche d'eau froide. — C, bêche d'eau chaude provenant de la vapeur condensée. — D D, tuyau d'injection. — E, robinet d'injection dont la clef est surmontée d'une tige F F, terminée à la partie supérieure par un coude de manivelle, auquel est adaptée une tringle de fer fixée à charnière par l'autre de ses extrémités au bras d'un levier double tournant autour du pivot G; l'un des bras de ce levier est muni d'un manche, au moyen duquel on peut l'incliner à droite ou à gauche, à volonté, suivant les divisions d'un quart de cercle établi à cet effet près le pivot G; et par ce moyen on détermine la quantité d'eau nécessaire à l'injection. — H, manche du levier qui sert à faire aller et venir la soupape à tiroir renfermée dans sa boîte, et qui permet à la vapeur de pénétrer dans le cylindre alternativement au-dessus et au-dessous du piston, et à celle-ci de passer du cylindre au

condenseur. — I I, condenseur. — K, conduit servant à la sortie de l'eau contenue dans les cylindres, lorsqu'on y admet la vapeur pour mettre la machine en activité. — L, soupape d'évacuation et qui s'oppose à la rentrée de l'air. — M, soupape à coulisse, servant à augmenter ou à diminuer l'ouverture par laquelle la vapeur pénètre dans le condenseur. — N, modérateur qui reçoit un mouvement de rotation au moyen d'une corde sans fin qui embrasse la poulie P, fixée sur l'arbre du volant, ainsi que la poulie O, fixée sur un arbre particulier, portant une roue d'angle qui donne le mouvement au modérateur N. — Q, poulie de tension portée par un levier chargé d'un poids. On voit par cette disposition qu'au moment où le modérateur N augmente ou diminue de vitesse, les boulets s'écartent ou se rapprochent, font basculer le levier R qui fait descendre ou monter la soupape à coulisse M, ce qui diminue ou augmente le passage de la vapeur au condenseur, et règle par conséquent la vitesse de la machine. — S, pompe à air, ayant communication avec le condenseur; elle retire en même temps l'air et l'eau du condenseur, et les fait passer dans la bêche C. — T, petite pompe d'eau chaude servant à alimenter la chaudière. — U U, chappe composée de deux branches jumelles, entre lesquelles sont logées deux tringles rondes de fer, servant à maintenir dans leur écartement trois collets brisés et ajustés de manière qu'ils peuvent glisser entre les deux jumelles de la chappe dont les extrémités sont maintenues dans leur écartement par une clef à crossette, sous laquelle on introduit un coin qui sert à resserrer les collets lorsqu'ils ont pris du jeu. — V, bras de levier à moufle que la chappe U fait balancer lorsque le piston du cylindre à vapeur monte ou descend, et dont la longueur est proportionnée à celle du levier intermédiaire, de sorte que la tringle du piston parcourt une ligne

droite ; cette tringle fait jouer en même temps, au moyen d'un levier intermédiaire, 1°. la pompe T servant à alimenter la chaudière ; 2°. la pompe à air S, dont la tringle du piston porte les mentonnets *aa*, qui font aller et venir la soupape à coulisse ; 3°. le levier à moufle fixé sur le même arbre que V, qui imprime le mouvement au volant au moyen d'une bièle construite sur les mêmes principes que la chape U.

246. La fig. 4 (Pl. X) représente la coupe du cylindre à vapeur et de la boîte contenant la soupape à coulisse. — AA, intérieur du cylindre. — BB, conduit faisant corps avec le cylindre AA, par lequel passe la vapeur au-dessus du piston. — C, couvercle du cylindre rendu concave en T, pour donner passage à la vapeur, et muni de la boîte à calfatage que traverse la tige du piston, et d'une ouverture D servant à introduire, dans l'intérieur du cylindre, une clef à pignon O, au moyen de laquelle on fait tourner l'écrou N qui abaisse le plateau M, lequel comprime la garniture du piston L ; la virole P sert à maintenir la clef au centre de l'ouverture pendant l'opération. — Q, intervalle qui sépare le corps du piston de son couvercle. — E E, boîte dans laquelle arrive la vapeur, d'où elle passe alternativement au-dessus du piston par le canal B B indiqué ci-dessus, et au-dessous du piston par le canal S S pratiqué dans l'épaisseur de la pièce E E, qui sert de base au cylindre, ainsi qu'à la boîte à vapeur F F. — H, arbre qui sert à faire aller et venir la soupape à coulisse G au moyen d'une portion de roue dentée engrenant une crémaillère fixée sur la soupape. — K, ressort de pression qui maintient l'arbre H appliqué contre son collet de forme conique, à l'effet d'empêcher la vapeur de s'échapper par les joints. — U, tubulure à laquelle s'adapte le condenseur.

247. ( Fig. 5, pl. X. ) Plan et coupe de la machine à la hau-  
De la composition des Machines.

teur de la soupape à tiroir. — A, cylindre à vapeur. — I, conduit par lequel la vapeur passe au-dessus du piston. — G G, base de la soupape à tiroir. — S T, ouvertures par lesquelles la vapeur passe au-dessus et au-dessous du piston. — U, passage qui conduit la vapeur au condenseur. — V V V V, plans inclinés servant à soulever la soupape lorsqu'il s'agit d'expulser l'air de la machine et de la mettre en train. — L, pompe à air. — Z, tringle du piston de la pompe à air. — a, l'un des bras ou mentonnets de fer fixés sur la tringle Z, et destinés à faire aller et venir la soupape à tiroir G G en même temps que la tringle du piston monte ou descend. — b, condenseur.

248. *Jeu de la machine.* La boîte F est constamment pleine de vapeur, et fait partie du tuyau de la chaudière. Dans la position actuelle de la soupape à tiroir, le passage T est ouvert à la vapeur, qui s'introduit dans la partie supérieure du cylindre par le canal B, et fait descendre le piston; la vapeur contenue dans la partie inférieure passe sous le tiroir de S en U au condenseur; et, lorsque le piston est prêt à terminer sa course descendante, le taquet a, fixé à la tringle du piston de la pompe à air, replace le tiroir dans la position opposée à la première; alors l'ouverture S communique avec la boîte à vapeur, et l'ouverture T cesse de communiquer avec elle, tandis que le passage U est toujours ouvert à la vapeur que renferme le cylindre. Dans cette position de la soupape à tiroir, la vapeur pénètre sous le piston par le passage S, le fait monter, et la vapeur contenue entre le piston et le couvercle du cylindre, repasse par le tuyau B sous le tiroir, de T en U, au condenseur. Lorsque le piston a terminé sa course ascendante, un taquet semblable au taquet a replace le tiroir dans sa première position, et ainsi de suite.

249. On sait que, pour mettre une machine à vapeur en mou-

vement, il faut, autant que l'on peut, la purger de l'air contenu dans le cylindre, le tuyau à vapeur et le condenseur. Pour cet effet il faut laisser un libre passage à la vapeur, afin qu'elle prenne la place de l'air, après l'avoir expulsée par le tuyau soufflant placé sous le condenseur en L.

250. Lorsqu'il s'agit de purger la machine, il suffit d'appuyer sur le manche du levier H qui fait aller et venir le tiroir, pour le faire monter sur les quatre plans inclinés V V V V; alors le tiroir se trouve soulevé, et tous les conduits sont ouverts à la vapeur. Les dents des engrenages sont très-allongées et évidées depuis la racine jusque près du point de contact, afin que le tiroir puisse monter sans être gêné par la profondeur de la denture. Lorsque la machine est assez purgée, on redescend le tiroir pour faire monter et descendre le piston; et, suivant que les mentonnets *a*, portés par la tringle Z du piston de la pompe à air, sont plus ou moins écartés, la quantité de vapeur qui peut pénétrer en-dessus et en-dessous du piston est plus ou moins grande, et peut être réglée de manière à procurer le plus grand effet avec le moins de dépense possible.

Il est évident que par cette nouvelle construction: 1°. l'on évite quatre soupapes et un régulateur très-embarrassant; 2°. le piston peut être serré et graissé sans défaire le joint du couvercle du cylindre, opération longue et pénible, surtout dans les grandes machines.

251. Dans la construction des machines à double effet, il y a ordinairement, à la partie supérieure du cylindre, une tubulure qui communique avec la boîte à vapeur; alors le piston ne peut monter que jusqu'à la naissance de cette tubulure, ce qui laisse un vide qu'il faut remplir de vapeur avant qu'elle agisse sur le piston; et, ce dernier étant vide en-dessous, il faut aussi remplir cette capacité en pure perte; de plus les deux

boîtes dans lesquelles sont logées les soupapes, les tuyaux jumaux, toutes ces capacités remplies de vapeur condensée à chaque impulsion, occasionent une perte de vapeur considérable, inconvénient qui n'existe plus dans la machine de MM. *Albert et Martin*. Le passage de la vapeur à la partie supérieure du piston est pris aux dépens de l'épaisseur du couvercle du cylindre; le piston qui est plein monte très-près de ce couvercle, et descend très-près du fond du cylindre.

252. Voici les dimensions des parties qui composent cette machine. Le diamètre du piston est de 0<sup>mèt.</sup> 21 ( 7 pouces 10 lignes ); la course du piston 0<sup>mèt.</sup> 43 ( 16 pouces ); la capacité de la chaudière 700 litres ( 20 pieds cubes ); la quantité d'eau qu'elle contient est de 245 litres ( 17 pieds cubes ); l'espace qu'occupe la vapeur est de 455 litres ( 13 pieds cubes ); la surface de la chaudière exposée à l'action du feu est 2<sup>mèt.</sup> 75 ( 26 pieds carrés ); la surface supérieure de l'eau dans la chaudière 1<sup>mèt.</sup> 27 ( 12 pieds carrés ).

L'effet et la dépense du combustible, rapporté à la durée de 12 heures, donnent 913,776 kilogrammes élevés à un mètre de hauteur, en dépensant 144 kilogrammes de charbon de Valenciennes.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Machine à vapeur de M. Clegg*. Pl. IX, fig. 7 et 8 ( a ).

253. L'appareil adopté par M. *Clegg* est celui de la machine à vapeur à double effet; chaque boîte à vapeur contient donc deux soupapes faites comme celles dont on se sert ordinairement, c'est-à-dire, à clapet rond et presque plat; ce clapet porte une tige qui le dirige dans son mouvement ascensionnel. Des soupapes sont placées dans chaque boîte sur un même plan

---

( a ) *Annales des arts et manufactures*, tome 25.

horizontal formé par un diaphragme de fonte ; celles de la boîte supérieure sont renversées, et s'ouvrent en dessous de ce diaphragme, tandis que dans la boîte inférieure elles jouent en dessus ; et, comme les deux boîtes à vapeur sont verticales l'une à l'autre et de même forme et dimensions, il en résulte que les soupapes qu'elles contiennent sont aussi verticales chacune à chacune. Dans cet état de choses, si l'on suppose les quatre soupapes liées entre elles par un moyen quelconque qui permette de les mettre en jeu, il est évident que l'impulsion donnée à l'une d'elles se communiquera aux trois autres, quelle que soit celle qui aura reçu l'impulsion. Pour obtenir cet effet, M. *Clegg* a trouvé un moyen aussi sûr qu'ingénieux, c'est celui du parallélogramme ; deux balanciers dont l'axe ou point d'appui est au milieu de l'espace qui sépare les soupapes horizontales, et s'unissent à elles par leurs extrémités, soit en les traversant, soit en les saisissant, en forment les petits côtés ; deux tringles ou tiges qui établissent la connexion entre les soupapes verticales forment les deux grands ; dans l'arrangement de ce système, des quatre soupapes, deux sont alternativement ouvertes et les deux autres fermées. Celles qui correspondent avec le cylindre à vapeur reçoivent l'impulsion du piston à l'aide de leviers de troisième genre qui les traversent et pénètrent dans le cylindre, où le piston, en montant ou descendant, les élève ou abaisse, et change ainsi la disposition du parallélogramme ; car, comme nous l'avons observé, il suffit, pour faire mouvoir toutes les soupapes à la fois, d'agir sur l'une d'elles seulement ; ici, lorsque le piston arrive au point le plus élevé de sa course, il rencontre la queue du levier de la soupape renversée, qui communique avec la partie supérieure du cylindre et ferme cette soupape ; celle-ci entraîne dans son mouvement les trois autres, et la vapeur qui se dirigeait sur le piston prend son cours vers la

partie inférieure, en même temps que celle qui avait pénétré dans le cylindre se précipite vers le condenseur. Lorsque le piston arrive vers le bas du cylindre, il pèse sur l'extrémité du levier de la soupape qui communique avec le condenseur, la ferme, et la vapeur prend une nouvelle direction.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Machine de Mandslay* Pl. XI, fig. 1, 2, et 3.

254. Dans cette belle machine, dont on fait usage dans plusieurs ateliers de Londres, la transmission du mouvement du piston au volant se fait sans le secours des balanciers ou des parallélogrammes; la tige est seulement terminée à sa partie supérieure par une espèce de *té* dont les deux bouts portent les bièles *b*. Auprès des bièles et sur la traverse du *té* sont placés deux poulies *p*, qui se meuvent entre deux coulisses *c*, et dirigent ainsi le mouvement de la tige du piston; ces deux bièles font tourner un seul axe *a* qui porte un volant, duquel on peut prendre la force de la machine; quant au piston et au cylindre, ils ne diffèrent en rien de ceux des autres machines à vapeur.

255. Le condenseur est placé au milieu du récipient à eau froide, et renferme lui-même la pompe à air et à eau chaude; ainsi ces trois pièces sont formées de trois cylindres concentriques, comme on le voit dans la coupe, fig. 3; sur la route d'évacuation de l'eau de condensation, est disposé un petit réservoir à niveau constant, dans lequel est plongée la pompe destinée à alimenter la chaudière. Cette pompe, qui est alternativement aspirante et foulante, n'a rien de particulier dans sa construction; il en est de même de la pompe à eau froide, placée dans un réservoir cylindrique communiquant par un tuyau inférieur avec le récipient qui contient le condenseur.

256. Les pistons des trois pompes sont mus par le balancier en

forme de fléau, dont le mouvement est déterminé par un excentrique placé entre les deux branches d'une fourchette *f*; cet excentrique est placé au milieu des deux manivelles et occupe le centre de la machine. Le piston de la pompe à air est dirigé dans son mouvement par un parallélogramme ordinaire; l'autre angle du parallélogramme porte la tige du piston de la petite pompe qui alimente la chaudière; ces deux pompes sont placées à une des extrémités du balancier, et l'autre extrémité donne le mouvement à la pompe à eau froide.

257. Le régulateur de cette machine est un robinet représenté fig. 4 et 5. Le bouchon *b'* est un cône tronqué, dont les deux bases sont unies par trois bandes placées à leur circonférence; deux de ces bandes *d* sont simplement des prismes quadrangulaires, dont la face extérieure fait partie de la surface du cône tronqué; l'autre *e*, présente à la coupe la forme d'une espèce d'ancre. La plus grande base est évidée entre les branches de cette ancre; mais la petite base est entière. Le boisseau du robinet est percé de trois ouvertures *o o o'*, auxquelles sont adaptés des tuyaux *t t t'*: les deux premiers conduisent la vapeur au-dessus et au-dessous du piston, l'autre établit la communication avec le condenseur; enfin il y a un tuyau *t<sup>2</sup>* qui conduit la vapeur à l'extrémité à droite du robinet, et peut l'introduire entre les branches de l'ancre par une ouverture. D'après cette disposition, il est facile de voir que, si l'on fait tourner la clef de ce robinet, l'espace compris entre les deux bras de l'ancre communiquera alternativement avec chacun des tuyaux *t t*. Lorsque cette clef sera tournée de manière que la vapeur passe par le tuyau *t* supérieur, le tuyau *t* inférieur communiquera avec le tuyau *t'* qui conduit au condenseur; dans cette situation, la vapeur passera au-dessus du piston, et celle de la partie inférieure du cylindre sera condensée. Le

même effet aura lieu pour l'autre position du robinet, mais en sens inverse. Le mouvement du robinet est déterminé par celui de la pompe à air, et à l'aide d'une tringle fixée à l'extrémité du petit bras de levier placé à l'extrémité de l'axe du robinet. Le cône tronqué est pressé par un ressort à boudin placé dans une petite boîte ronde. Ce régulateur, très-simple et très-ingénieux, est construit d'après le même principe que le tiroir à vapeur de M. Martin.

258. Si l'on examine cette machine, on verra qu'elle est extrêmement régulière, simple et occupant peu d'espace; elle est entièrement construite en fonte de fer, et ses principales parties sont assemblées par des vis qui n'en forment qu'un seul tout. Rien n'est plus facile que de la démonter et de la remonter, ce qui la rend susceptible d'être établie où l'on veut et pour le temps qu'on désire.

QUATRIÈME ESPÈCE. — *Machine à forte pression.*

259. M. Richard Trevitthick (a) a conçu l'idée de donner à la machine à vapeur une construction nouvelle. Il a supprimé l'espace dans lequel se fait le vide, ou la condensation des vapeurs par l'eau froide; il a donné à la vapeur qui agit contre les parois du récipient une très-forte élasticité équivalente à la pression de six à huit atmosphères. Cette vapeur, après avoir agi, trouve une libre issue, sort, se répand dans l'air; ainsi, l'effet de la machine est fondé sur l'excès de la force élastique de la vapeur sur la pression atmosphérique.

260. Comme ce procédé dispense de toute intervention de l'eau froide, et de tout appareil de condensation et de vide, et comme il permet d'employer avec une augmentation de force

---

(a) *Annales des arts et manufactures, Mémoire de M. Baader.*

élastique un cylindre de plus petites dimensions, la machine gagne non en économie de combustible à proportion de l'effet, mais en simplicité, et elle gagne par la diminution de volume et de poids.

261. Le but principal de l'inventeur a été de rendre la machine à vapeur si simple et si légère qu'on pût la substituer aux chevaux pour faire marcher une voiture dans des routes ordinaires. Ce but ne fut pas atteint, et il paraît qu'il ne le sera jamais parce que le poids de la machine réduit autant qu'il est possible de le faire, comprendra toujours la chaudière, qui dans cette construction doit avoir un certain volume et une certaine épaisseur de fonte, et doit par conséquent être plus lourde qu'une chaudière ordinaire; il faudra encore la provision d'eau nécessaire pour entretenir l'action, le foyer, la cheminée, les tuyaux, le volant et tout le reste du mécanisme; tout cet ensemble est trop considérable pour la force donnée, c'est-à-dire, qu'il en absorbe une trop grande partie. La machine la moins lourde équivalente à la force de deux chevaux, pèserait dans cette construction au moins 2000 kilogrammes; de sorte qu'elle aurait besoin elle-même de deux chevaux pour être conduite seule, sans addition d'autre poids.

262. On avait donc été convaincu en Angleterre, d'après ces essais infructueux, qu'il était impossible de construire des véhicules à vapeur pour les routes ordinaires, et l'invention de *M. Trevitick* aurait été oubliée, si, depuis quelques années, on ne s'était attaché aux bateaux à vapeur et aux chars sur des routes à ornières de fer, où l'on a préféré les machines à forte pression, à cause de leur moindre volume, et de leur moindre poids. Comme, dans une de ces routes ferrées horizontales, un cheval peut traîner aussi facilement 80 à 100 quintaux que 10

ou 12, dans les routes et avec les chars ordinaires, ces machines peuvent, sur les routes ferrées, mettre en mouvement, outre leur propre poids, une charge considérable distribuée sur plusieurs véhicules assemblés de suite. On a depuis trois ans employé avec succès un grand nombre de ces machines, qu'on nomme *locomotive engines* ou *steam horses*, dans les grandes mines de houille des contrées d'Yorck et de Northumberland, surtout à Newcastle et Leeds; et leur usage serait devenu général, eu égard au bas prix de la houille et à la cherté des chevaux, si l'on n'avait été péniblement affecté des malheurs que ces machines ont occasionés et des dangers qu'elles présentent. Le 7 août 1815, la chaudière cylindrique de fonte la plus épaisse employée dans une machine de ce genre à Newbottle, dans le comté de Darham, a sauté au premier essai avec une terrible explosion qui a tué ou blessé environ 50 personnes. Sans doute la mécanique et la chaudière du bâtiment à vapeur qui a fait explosion le 5 juin 1816, sur la rivière d'Ohio en Amérique, étaient construites sur le même principe; car la déchirure d'une simple chaudière de cuivre ou de fer battu n'aurait pu produire des effets aussi désastreux. Depuis le malheureux événement de Newbottle, on a renoncé en Angleterre à plusieurs des chars à vapeur dont nous venons de parler, et on emploie actuellement de nouveau les chevaux sur la plus grande partie des routes ferrées. Il fut même question de défendre cette espèce particulière de machines à vapeur plus ou moins dangereuses, par un acte du Parlement.

Nous allons décrire un chariot à vapeur employé près de Leeds. Cette description fera connaître de quelle manière agissent les machines à forte pression,

*Chariot à vapeur. Pl. X, fig. 1 et 2.*

263. (a) La machine à vapeur qui fait mouvoir ce chariot est composée de deux corps de pompes plongés en partie dans une chaudière ovale et oblongue *b* en fonte de fer, formée de deux parties réunies au milieu de la longueur, et assemblées par des boulons *c c*. Dans la partie inférieure de la chaudière, passe un tuyau horizontal en fonte *d* qui sert de fourneau, et s'étend d'un bout à l'autre de cette chaudière; la grille *e* qui règne dans toute sa longueur, est composée de quatre tables placées à la suite l'une de l'autre; le cendrier *f* se trouve dans l'espace compris entre la grille et le fond du cylindre *d*. A l'extrémité du fourneau est adapté un tuyau coudé de fonte *g*, servant de cheminée; il s'élève de 9 pieds environ au-dessus du foyer. L'eau destinée à fournir la vapeur entoure le fourneau, et la vapeur se répand dans l'espace vide de la chaudière; celle-ci est percée de quatre *tubulures* ou orifices supérieurs, dont deux, situés à ses extrémités, portent deux soupapes de sûreté *h h*, et les deux autres *i* reçoivent les cylindres.

264. L'appareil est monté sur un chariot à quatre roues *K*, composé de deux fortes jumelles plus longues que la chaudière, et sur lesquelles il est fixé au moyen de quatre patins boulonnés *l l*. Le mouvement est imprimé au chariot par deux paires de manivelles *m m*, appartenant chacune à l'un des cylindres; elles font tourner deux roues *n n* de trente dents qui engrènent une roue de soixante dents *o*, dont l'axe porte à chacune de ses extrémités deux roues *p* à dents très-fortes, qui s'engagent dans une crémaillère établie sur toute la longueur du chemin. Ce sont ces dernières roues qui font avancer le chariot, ainsi que la charge qu'il traîne; les quatre autres roues *q q* qui soutiennent la

---

(a) *Bulletin de la Société d'encouragement*, 14<sup>e</sup>. année.

machine, ne sont point dentées, et roulent sur une bande de fonte. Toutes ces roues sont en fonte de fer, montées sur des axes qui roulent dans des collets fixés sur les jumelles du chariot.

265. Les cylindres et leurs pistons sont semblables à ceux des machines à vapeur connues; mais le régulateur est entièrement différent. Il se compose d'un robinet *s* dont on aperçoit la coupe, fig. 1, percé dans deux directions telles, que dans une de ses positions il donne accès à la vapeur de la chaudière dans le cylindre, et dans l'autre il permet à la vapeur qui a fait descendre le piston, de s'échapper par le tuyau vertical *t*. Ces deux positions sont indiquées, fig. 1. La première, pour le robinet du cylindre à gauche; la seconde, marquée par des lignes ponctuées, pour le robinet du cylindre à droite. Le passage des robinets d'une position à l'autre est déterminé par un mécanisme fort simple que nous allons décrire.

266. Les manivelles *u* fig. 1, qui transmettent le mouvement aux robinets, sont liées par une barre *v* qui règne dans toute la longueur de la machine; cette barre est fixée à deux leviers *x x* par des charnières qui la terminent. Ces mêmes leviers sont unis par leurs extrémités inférieures au moyen d'une tringle de fer *y*, divisée en deux parties qui se réunissent à un cadre *Z*, au milieu duquel passe l'axe de la roue *n*. Sur cet axe est fixé un bras de levier *a'* qui, en tournant, rencontre les deux battoirs ou arrêts *b' b'*, et porte ainsi le cadre à droite et à gauche alternativement à chaque demi-tour. Ce cadre entraînant les leviers, ceux-ci changent de position en même temps, et les deux robinets sont portés à la fois aux positions contraires. C'est de cette manière que s'opère le mouvement alternatif des deux robinets, et que la vapeur exerce alternativement son action sur l'un et l'autre piston.

267. Le changement de situation des robinets ne devant avoir lieu que lorsque les pistons sont parvenus aux extrémités de leurs courses, il était utile de choisir une communication de mouvement qui remplit cette condition. Or, le levier  $a'$  ayant la même direction que la manivelle, commence à agir lorsque cette manivelle a pris la situation marquée par la ligne ponctuée  $c'$ , et son action est complète lorsqu'elle est arrivée à la position  $d'$ . Dans le passage de l'une de ses positions à l'autre, le piston ne parcourt que le *sinus verse* de l'arc décrit par le bras de la manivelle, sinus verse dont la longueur est d'un pouce environ. Par ce moyen, la partie de la course du piston pendant laquelle le robinet change de situation, est très-courte et approche du point de perfection, qui serait que ce changement pût se faire instantanément lorsque la course du piston s'achève.

268. Au-dessous des robinets que nous venons de décrire, sont placés d'autres robinets simples  $s'$  qui s'ouvrent ou interceptent le passage de la vapeur dans le cylindre. Ces deux robinets portent, comme les premiers, des manivelles liées par une barre horizontale, et à l'aide d'un manche fixé au milieu de la longueur de cette barre, on ouvre ou ferme les deux robinets à la fois.

269. La tige du piston passe par une boîte à étoupe; son extrémité reçoit une traverse  $e' e'$  qui porte les deux bièles  $k' k'$ , et communique ainsi le mouvement aux manivelles  $m m$ . La course de cette traverse est dirigée par deux montans  $f' f'$ , qui passent par les deux ouvertures pratiquées dans les renflemens de la traverse  $e' e'$ . Les quatre montans sont unis à leurs extrémités supérieures par un cadre de fonte  $g'$ , et leurs talons viennent s'appuyer sur les oreilles  $h'$ , qui sont en saillie et forment prolongement des tubulures  $i$ .

270 Comme une partie de la vapeur qui s'échappe des cylindres

se condense en passant à travers le tuyau *t*, et que l'eau qui en résulte pourrait s'amasser dans le tuyau horizontal inférieur, on a ajusté au-dessous de ce tuyau un petit canal de décharge qui s'étend le long de la chaudière et va verser l'eau en dehors.

271. La bouche du fourneau est fermée par une porte à bascule, et le cendrier est toujours ouvert. Lorsqu'on veut ralentir l'évaporation, on ouvre la porte du fourneau qui, étant rabattue, ferme le cendrier et permet à l'air de passer sur le feu.

La vapeur agissant par son expansion, il fallait éviter les causes de condensation dans les cylindres; pour cet effet, on les a plongés, autant que possible, dans la chaudière, et on a garni la partie supérieure d'une enveloppe peu conductrice de la chaleur. On a aussi enveloppé la chaudière, d'un tonneau qui laisse un intervalle d'un pouce environ entre le bois et la chaudière.

272. La machine que nous venons de décrire, a été inventée en Angleterre, par M. *Blenkinsop*; elle est employée pour le transport du charbon de terre de Middleton près Leeds. Elle traîne à sa suite trente chariots chargés de 7 milliers de charbon environ, et elle leur fait parcourir une lieue  $\frac{1}{2}$  par heure. Ces chariots sont attachés par des chaînes à la suite les uns des autres, et à la machine. Ces liens flexibles ont été choisis pour que la machine soit peu chargée en commençant son mouvement, et se charge successivement. En effet, supposons que tous les chariots se touchent, il est facile de voir que, dans le premier instant, la machine n'a que sa propre masse à mettre en mouvement jusqu'à ce que la chaîne qui l'unit au premier chariot soit tendue; alors elle commence à entraîner ce chariot seul, jusqu'à ce que la chaîne qui le joint au chariot suivant soit tendue, et ainsi de suite. La charge n'est donc complète que lorsque toutes les chaînes sont développées. Lorsque

les chariots sont vides, la machine les reconduit à la mine, et pour cela il faut qu'elle marche en sens contraire de son premier mouvement; mais comme sa masse est trop considérable pour qu'on puisse facilement la retourner, on a préféré lui faire pousser tous les chariots, et déterminer son mouvement rétrograde par un changement de situation de quelques parties du mécanisme du régulateur. Ainsi, pour faire marcher la machine dans la direction opposée à celle qu'elle a, il suffit, tandis qu'elle est en repos, de faire passer les deux robinets *s* à la position qu'ils auraient prise si les manivelles eussent encore tourné d'un demi-tour, et de placer les deux arrêts *b'* *b'* dans la position *b<sup>2</sup>* *b<sup>2</sup>*. En faisant changer la situation des deux robinets *s*, le piston à gauche, qui s'abaissait par la pression de la vapeur, cessera de descendre; et le piston à droite, recevant l'action de la vapeur, sera pressé pour descendre; aussitôt les manivelles marcheront en sens contraire, et détermineront ainsi le mouvement rétrograde.

CINQUIÈME ESPÈCE. — *Machine à double effet et à forte pression.*

273. Dans plusieurs machines construites en Angleterre, et dans celles que M. *Edwards* établit maintenant en France, on a combiné la méthode de *Watt*, du double effet, avec celle de *Trevitick* à forte pression. Dans ces nouvelles machines les chaudières sont de fonte, pour résister à la force élastique de la vapeur chauffée à une plus haute température que celle de l'eau bouillante; mais on a conservé le condenseur, et les injections s'opèrent comme dans les anciennes machines à double effet. Voici la description donnée par M. *Molard*, dans un rapport à la *Société d'encouragement*, d'une machine de cette espèce, construite par M. *Edwards*, et établie dans la manufacture

de M. *Richard*, rue de Charonne. Elle est de la force de six chevaux.

274. Elle fait mouvoir des mécaniques à carder des laines grasses, et elle remplace, pour cet objet, un manège attelé de quatre chevaux, pour le mouvement duquel douze chevaux étaient nécessaires.

La disposition de la machine à vapeur dont il s'agit est à la fois simple et agréable à la vue. Sa construction, très-soignée dans toutes ses parties, offre toute la solidité convenable; les mouvemens se font avec aisance, régulièrement et sans bruit; elle prend peu d'emplacement. La chaudière est placée extérieurement, et le fourneau réduit la fumée.

275. Deux pistons à garniture métallique, deux robinets et deux soupapes suffisent pour diriger la circulation de la vapeur qui anime la machine; un balancier de fonte, porté par quatre colonnes disposées en pyramide quadrangulaire, reçoit à l'une de ses extrémités le mouvement de la tige des pistons, par l'intermédiaire d'un double parallélogramme, et le communique à la pompe à air, renfermée dans le condenseur, laquelle, en élevant l'eau froide d'un puits, dispense de l'emploi d'une bêche, et à la manivelle de l'arbre du volant, par l'intermédiaire d'une bièle. Enfin, l'arbre du volant communique à son tour le mouvement de rotation au modérateur qui gouverne le robinet d'admission de la vapeur, aux deux soupapes éconductrices de la vapeur, fermées par un double ressort, et qui s'ouvrent alternativement au moyen d'un va et vient résultant d'un mouvement de rotation fort ingénieux, pour mettre la vapeur en communication avec le condenseur. C'est à l'arbre du volant que s'adapte celui destiné à imprimer le mouvement aux cardes à laine.

276. Après que la petite pompe alimentaire a fait passer dans

la chaudière la quantité nécessaire d'eau chaude d'injection, quantité qu'on peut régler à volonté, le surplus s'écoule dans la rue; celle-ci paraît ne pas avoir plus de douze degrés de chaleur (*Réaumur*).

277. Deux cylindres à vapeur de différens diamètres entrent dans la composition de la machine de *M. Edwards*; ils sont renfermés dans une même enveloppe de fonte, et continuellement environnés de vapeur qui les entretient au même degré de chaleur que celui de l'intérieur de la chaudière. La garniture métallique des pistons est composée de plusieurs segmens de cercle de cuivre, pressés de dedans en dehors par des ressorts à boudin contre les parois intérieures des cylindres à vapeur. Cette garniture, par son frottement, polit plutôt l'intérieur des cylindres que de les user, à cause de son peu de pression latérale; tandis que les garnitures en usage les détériorent à la longue, et exigent un renouvellement fréquent et dispendieux. *M. Edwards* a dit que les pistons à garniture métallique pouvaient travailler plusieurs années, sans qu'on eût besoin d'y faire aucune réparation; d'où il résulte une grande économie dans l'entretien de la machine.

278. Il règne une parfaite harmonie dans le jeu des robinets pour l'admission et la distribution de la vapeur, ainsi que dans celui des soupapes éconductrices pour la condensation, placées les unes et les autres dans une boîte à vapeur d'une seule pièce de fonte, adaptées latéralement près du sommet de l'enveloppe des deux cylindres à vapeur.

279. La chaudière est principalement composée de deux pièces de fonte en forme cylindrique, fermée à l'un des bouts par des fonds hémisphériques, et réunies au milieu par des boulons placés intérieurement. Au - dessous de la chaudière

sont deux forts tubes de fonte, de la même longueur que la chaudière, et qui communiquent du côté de la porte du fourneau immédiatement au-dessus du foyer, de sorte que ces deux tubes reçoivent le premier coup de feu, sur une longueur d'environ 6 décim. la vapeur s'y génère facilement et avec profusion, et son action se faisant éprouver continuellement au fond de la chaudière, il ne peut s'y former aucun dépôt adhérent.

280. M. *Edwards* assure qu'une pareille chaudière, en usage dans ses ateliers depuis nombre d'années, n'avait éprouvé la moindre dégradation, et qu'il la considérait comme indestructible.

281. La construction et le jeu des soupapes de sûreté doivent complètement rassurer à l'égard des accidens qui pourraient résulter de la négligence du chauffeur, accidens qui auraient également lieu avec des chaudières de cuivre ou de tôle laminée sans cette précaution.

GENRE TROISIÈME. — Machine à rotation immédiate.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Machinè de Verzy*. Pl. IX, fig. 2 (a).

282. Soit  $abc o l$  la coupe perpendiculaire à l'axe  $c$  d'un cylindre, dont la hauteur est égale à distance  $m n$  qui le sépare d'un autre cylindre  $efg h i e$  qui pénètre le premier, de manière que leurs axes se confondent, et que la surface du dernier s'ajuste exactement aux bords des surfaces supérieures et inférieures du premier; il y aura entre les deux cylindres une espèce de canal circulaire, dont la coupe horizontale sera  $ke b f h l m n k e$  et la hauteur égale au plan  $m n$ , qui est attaché au cylindre extérieur et qui en interrompt la continuité.

283. Les bases du cylindre intérieur sont fermées par de

---

(a) *Essai sur la composition des Machines*, par MM. Lantz et Bettancourt.

planches de métal faisant un petit rebord sur les couronnes du cylindre extérieur; elles sont assujetties à l'axe  $c$ , de manière que le cylindre intérieur puisse tourner librement autour de son axe, en supposant fixe l'intérieur.

284. On a pratiqué dans la surface courbe du cylindre intérieur deux ouvertures diamétralement opposées  $e i, g h$ , égales en hauteur et en largeur à celles du canal circulaire; on a ouvert deux portes ou soupapes angulaires  $k e i, g h l$ , qui tournent sur leurs axes  $e$  et  $h$ , et tendent à refermer en même temps ces ouvertures, ainsi que le canal, au moyen de deux ressorts en spirales  $e p q, h r s$ , qui sont dans la partie supérieure des axes, et dont la force élastique peut augmenter ou diminuer à volonté. Les axes sortent hors de la base supérieure, et ont chacun une manivelle dont les positions se projettent dans les directions  $e k, h l$ .

285. La surface courbe du cylindre est percée par deux trous circulaires, l'un où vient aboutir le tube A conducteur de la vapeur, et l'autre communique avec le conducteur au moyen du tube B.

286. Cela étant compris, si l'on suppose que la vapeur entre par le tube A, le plan  $m n$  s'oppose à son passage, tandis que les deux côtés  $k e, e i$  de la soupape angulaire lui présentent la même surface; et par conséquent elle ne changera pas de situation, et son bord s'appuiera sur celui du cylindre intérieur avec toute la force du ressort  $e p g$ , et ce cylindre tournera dans la direction  $a b c$ . Avant que  $k e$  arrive au trou B, qui communique avec l'injection, la manivelle qui est en  $h$  aura rencontré l'obstacle  $o$  qui est une petite barre fixée à la couronne supérieure du plus grand cylindre, et aura forcé à tourner en dedans la soupape angulaire  $g h l$ , parcourant ainsi sans difficulté le plan fixe  $m n$ , de sorte que, quand il aura repris sa première

position,  $k p$  aura passé le trou B, et le vide sera formé dans la partie  $k e b l r f p$  du canal, et tout sera dans l'état représenté par la figure; seulement le cylindre intérieur aura fait une demi-révolution. L'action de la vapeur continuera à communiquer à l'axe  $c$  un mouvement continu de rotation que l'on pourra appliquer à tel usage que l'on voudra.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Machine d'Amontons* (a) Pl. VII, fig. 5.

287. A B C D, etc., et 1 2 3 4, etc., sont deux rangées circulaires et concentriques de cellules disposées autour d'un axe horizontal et mobile G, et exactement closes de toutes parts, à cela près néanmoins que les cellules A B C D, etc., communiquent à chacune des cellules correspondantes 1 2 3 4, etc., par le moyen des tubes H, L, M, etc., et que les cellules 1 2 3 4, etc., communiquent les unes aux autres par les soupapes 7 8 9 10, etc., qui sont toutes posées et s'ouvrent toutes dans le même sens, en sorte qu'elles permettent l'entrée à l'eau de la première à la seconde cellule, puis de la seconde à la troisième, de la troisième à la quatrième, enfin de la dernière à la première, et qu'elles ne permettent pas son passage dans le sens contraire. Les cellules A B C D, etc., n'ont aucune communication entre elles.

288. Un réservoir R R plein d'eau, est placé au-dessous de la machine, et les cellules A B C D, etc., ne sauraient tourner autour de l'axe G sans être, pendant une certaine partie de la révolution, submergées entièrement; enfin un fourneau A', dont la bouche K est disposée de manière que la flamme chauffe celle des cellules A B C D, etc., qui, par le moyen

---

(a) *Mémoires de l'Académie*, an 1699. — *Nouvelle architecture hydraulique de Prony*, tome 2.

des tubes H, L, M, etc., communique avec celle des cellules 1 2 3 4, etc., qui se trouve au point le plus bas de la course.

289. Cela bien conçu, supposons que, dans l'état représenté par la figure, les cellules 1 2 3 soient remplies d'eau, que les autres 4 5 6, etc., ne contiennent point d'eau, et que, dans cet état, l'effort provenant de la pesanteur du fluide qui tend à faire tourner dans le sens F E D, fasse équilibre à la résistance qu'on veut vaincre, y compris les frottemens et les obstacles à ranger dans la même classe; si alors on allume le feu en A', l'air contenu dans la cellule A s'échappera, et fera effort pour s'introduire dans le tube H, de l'extrémité duquel il reviendra presser l'eau contenue dans la cellule I; cette eau ainsi pressée et ne pouvant s'échapper par la soupape 8, sera refoulée par la soupape 7 dans l'espace 2, et de suite, le fluide contenu dans les espaces 1 2 3 sera refoulé dans le sens où les soupapes livrent le passage, et passera dans les espaces supérieurs. Cette ascension de l'eau ne pourra avoir lieu sans que l'équilibre soit rompu par l'augmentation de la somme des mouvemens qui aura lieu dans le poids moteur, et l'eau ainsi élevée, fera par son poids tourner la roue: pendant ce temps, la cellule A dont l'air est échauffé, sera submergé dans le réservoir R, et éprouvera un refroidissement qui rendra à cet air inférieur sa première température, ou au moins la mettra à un point tel qu'il puisse achever de se refroidir avant que la cellule A revienne en K; de plus la flamme B', échauffant sans cesse les parois extérieures des cellules qui se présentent en K, refoule sans cesse l'eau comme elle avait fait aux cellules 1 2 3, et continue ainsi à faire tourner la roue; les cellules A B C D, etc., échauffées, allant successivement se refroidir dans le réservoir R.

290. *Amontons* donne 12 pieds de diamètre au tambour des cellules 1 2 3 4, etc., sur une pareille longueur de 12 pieds,

prise perpendiculairement à la figure, et deux pieds de profondeur comptés du côté du centre de la roue; ces cellules renferment 7 5 4, 3 pieds cubes d'eau dont le quart est 186, 6 qui, multipliés par 70 livres, poids d'un pied cube d'eau, donnent 13,202 livres. *Amontons* pense qu'avec cette masse on mettra en mouvement une résistance équivalente à 9429 livres, appliquées tangentiellement à la circonférence qui passe par le milieu des cellules 1 2 3, etc., la roue pouvant faire une révolution en 36 secondes. Cet effet équivaldrait, selon lui, au travail ordinaire de 39 chevaux ou de 234 hommes.

TROISIÈME ESPÈCE. — *Machine de Salder*, Pl. IX, fig. 9 et 10 (a).

291. A, chaudière d'où la vapeur est conduite par le tuyau B dans l'axe du cylindre rotatif C C de fonte, et creux : la boîte où le cylindre est réuni à B, doit empêcher la vapeur de sortir, et doit gêner le moins possible le mouvement de l'axe creux; la vapeur, après avoir traversé les bras du cylindre, rencontre, près de leurs extrémités, un jet d'eau froide qui la condense. Ce jet est introduit par les petits tubes o o, communiquant avec l'autre axe M également creux. L'eau tombe au fond de la caisse D D, d'où elle descend par le tuyau E, duquel elle passe, ainsi que le peu d'air formé pendant la condensation à travers le robinet F; et, continuant à descendre (la soupape est censée ouverte) dans les tuyaux I I qui ont aussi un mouvement de rotation, elle est rejetée par la force centrifuge hors des soupapes K K. L'air qui est resté dans la partie supérieure du tuyau C, s'échappe en ouvrant le robinet F; il est remplacé par de l'eau que fournit le réservoir P.

(c) *Annales des arts et manufactures*, tome 1.

292. On pourra changer la position respective de l'eau et de la vapeur, en faisant entrer cette dernière dans la caisse D D pour remplir les fonctions de la première. La fig. 9 représente une coupe de la machine prise sur le milieu de l'axe creux ou cylindre rotatif. A A, deux tubes portant l'eau froide pour condenser le fluide élastique dans les extrémités des bras du cylindre B B. L'eau condensée passe par le tuyau E, le robinet F, la soupape H jusque dans les bras k k, d'où elle est définitivement évacuée.

293. OBS. En général, les récepteurs thermiques à rotation immédiate présentent de si graves inconvénients, que l'on n'a jamais pu les employer avec quelque succès. Quelle que soit la méthode que l'on puisse imaginer, il est presque impossible d'éviter une très-grande perte de vapeur et des frottemens énormes.

294. Nous avons vu que toutes les machines à vapeur que nous venons de décrire sont composées de plusieurs parties dont chacune exerce une fonction distincte, quoique toutes concourent à produire l'effet principal. Nous allons maintenant examiner ces parties séparément, en les isolant les unes des autres. Cet isolement nous facilitera les moyens de les faire connaître avec clarté et précision, et d'exposer méthodiquement pour chacune les principaux détails de construction qui ont été proposés.

295. Les parties dont nous allons nous occuper sont, 1°. les fourneaux; 2°. les chaudières; 3°. les cylindres à vapeur; 4°. les pistons; 5°. les soupapes et les robinets; 6°. le réfrigérant ou condenseur; 7°. les soupapes de service. Nous renvoyons la description des régulateurs, des modérateurs, des balanciers et autres organes de transmission en usage dans les machines à vapeur, aux chapitres 1 et 2 du livre cinquième.

*Des fourneaux.*

296. Nous nous bornerons dans cet article à décrire les fourneaux fumivores adoptés dans les meilleures machines à vapeur récemment construites en Angleterre et en France, et nous croyons superflue la description des anciens fourneaux maintenant délaissés par les plus habiles constructeurs.

297. On appelle fumivores les fourneaux qui ont la propriété de brûler et de consommer complètement le combustible sans qu'il s'en dégage de la fumée. Cette propriété précieuse produit le double avantage d'épargner une quantité considérable de combustible, et de supprimer l'épaisse et abondante fumée qui rend les anciennes machines si incommodes aux habitations voisines.

298. *Watt* a imaginé deux sortes de fourneaux fumivores (*Repertory of arts*, tom. 4, et *Journal des mines an X*). Dans les uns (Pl. VIII fig. 6), la houille est jetée dans une sorte d'entonnoir où elle brûle à flamme renversée: l'air atmosphérique, entrant par la porte supérieure, emporte avec lui la fumée qui se dégage de la houille fraîche, et la fait passer à travers la houille inférieure à demi-brûlée qui a cessé de fumer, et qui est incandescente; cet air entretient la combustion de la houille, mais il ne suffirait pas pour brûler toute la fumée. On rend la combustion complète en admettant dans le fourneau, au niveau du fond de l'entonnoir, un courant d'air frais qui n'ait pas passé à travers le combustible, et n'ait rien perdu de son oxygène.

299. A A est la chaudière qui peut avoir une forme quelconque. — B B, canal qui entoure la chaudière. — C, passage communiquant entre le canal B B et le dessous de la chaudière. — D D, tuyau qui conduit la flamme sous le fond de la chaudière. M, *Watt* estime que c'est dans ce tuyau que s'achève la com-

bustion entière de la fumée. — E E, cendrier. — F, porte pour retirer les cendres : elle doit être fermée pendant le travail. — G H, foyer en forme d'entonnoir. Le combustible frais qu'on ajoute continuellement est mis en G : il descend graduellement, à mesure que le combustible inférieur se consume. La partie H est très-chaude, car elle est sans cesse remplie de *coak* qui a cessé de fumer. — I est une ouverture pour admettre de l'air frais au bas du foyer et régler le feu. — K est une porte que l'on ouvre quand on veut cesser le travail. — L est une arcade de brique sur laquelle on place d'abord des charbons allumés, on ajoute de la houille par-dessus, et on en remplit le foyer jusqu'en G, en ayant soin de laisser des interstices pour le passage de l'air, soit à travers la houille même, soit entre la houille et le mur de front N. On admet plus ou moins d'air en I pour régler le feu et brûler toute la fumée; mais il faut éviter d'en admettre trop, car alors la fumée remonterait en G.

*Nota.* La section horizontale du foyer G H est un rectangle dont on ne voit que le petit côté dans la figure. Il en est de même du tuyau vertical D.

300. Dans un autre fourneau représenté (Pl. VIII, fig. 7.), *Watt* place la houille fraîche sur une grille A A, comme c'est l'usage, immédiatement au-dessous de la chaudière; mais entre cette grille et la cheminée, il met une autre grille plus petite B, sur laquelle on doit entretenir un feu de *coak* qui a été brûlé antérieurement, jusqu'au point de ne plus donner de fumée. La grande chaleur du *coak* incandescent, et l'air qui le traverse, contribuent à brûler les fumées du premier feu qui sont forcées de passer au-dessus du second.

301. M. *W. Thomson de Bowlam* a aussi construit sur les mêmes principes un fourneau dont la forme est cependant un

peu différente. Il est représenté ( Pl. VIII, fig. 12 ). *aaaa* est la maçonnerie sur laquelle la chaudière est ordinairement assise. — *AA* est la chaudière. — *BB* est le foyer ; il a un tiers de longueur de plus que les foyers ordinaires. — *C* est une arcade ou cloison qui traverse le foyer , et descend cinq ou six centimètres plus bas que le fond du canal *D* qui passe sous la chaudière. — *DDDD* est le canal par lequel circulent les gaz résidus de la combustion et l'air chaud qui a traversé le foyer. *E* est la porte du foyer , dans laquelle est pratiquée une porte plus petite. Cette petite porte sert au passage du ringard , avec lequel on pousse légèrement le combustible , en ayant soin de ne pas endommager l'arcade *C*. — *F*, petit tuyau au bout du foyer , dans lequel monte un courant d'air frais , dont on détermine le volume à volonté , à l'aide d'un régulateur. *G* est un petit mur ou rebord en briques , pour empêcher le coak de tomber dans le tuyau *F* et de le boucher.

302. On concevra facilement l'effet de ces différentes dispositions. L'arcade *C* empêche la fumée de la houille fraîche qu'on vient de jeter dans le foyer , de passer de suite dans le canal *D* et dans la cheminée ; elle l'oblige de traverser le feu du coak qui est au-delà. Cette fumée se brûle en partie avec le coak , et ce qui n'est pas consumé , achève de l'être en se mêlant avec le courant d'air qui entre par le tuyau *F*. Ce courant d'air *F* ne doit pas être trop abondant , car alors il aurait l'inconvénient de refroidir la flamme et l'air chaud qui circulent au-dessous et autour de la chaudière. La petite porte pratiquée dans la porte *E* doit aussi avoir certaines dimensions fixes ; trop petite ou trop grande , elle nuit à l'effet du fourneau.

303. MM. *James* et *John Robertson* de Glasgow , ont obtenu , le 13 août 1800 , une patente pour un fourneau qui a , comme ceux qui précèdent , l'avantage de consumer sa propre

fumée, et d'être très-économique. Sa construction semble préférable (Pl. VIII, fig. 1 et 2). Ce fourneau consiste principalement, 1°. en une trémie inclinée, qu'on remplit de houille même pour que l'air ne puisse passer au travers; 2°. en une grille placée sous la chaudière, et sur laquelle tombe la houille qui remplit la trémie: cette grille est inclinée de devant en arrière pour que la houille puisse aisément être poussée plus loin, à mesure qu'elle se consume et cesse de fumer: 3°. enfin en un passage pour l'air frais qui sert à brûler la fumée. Ce passage est pratiqué au-dessus ou dans la partie supérieure de la trémie. On règle son ouverture, soit en inclinant plus ou moins une plaque mobile qui recouvre la houille, soit de toute autre manière. Voici quel est l'effet de ce fourneau. Pendant que la houille qui est sur la grille se brûle, celle qui occupe la partie inférieure de la trémie se distille en partie. Les fumées qui s'en dégagent passent au-dessus des charbons incandescens qui recouvrent la grille, et acquièrent une haute température; dans le même temps, le courant d'air frais qui descend de la partie supérieure de la trémie se mêle avec les fumées, s'échauffe au même degré, et les consume en totalité.

304. Les fig. 1 et 2 (Pl. VIII) représentent la coupe et l'élevation du fourneau de MM. *Robertson*. A, trémie dans laquelle on met la houille; elle peut être faite d'une seule pièce ou de plusieurs pièces réunies à tenons et mortaises. On ferme quelquefois la partie supérieure de cette trémie avec une porte en tôle.— a, plaque régulatrice, qui peut tourner sur deux pivots, placés vers le milieu de sa longueur, de manière à augmenter ou à diminuer la tranche d'air qui doit entrer dans le fourneau. Cette plaque est ordinairement distante de deux à trois centimètres de la partie supérieure de la trémie.— B C, grille composée de deux parties, l'une inclinée B, qui sert de fond au

foyer et supporte le combustible ; l'autre verticale C en avant du fourneau , immédiatement au bas de la trémie , et servant au passage du ringard pour attiser le feu , et pousser le coak en arrière pendant que la houille tombe en c. — D , mur vertical , au bout de la grille B ; ce mur est nécessaire pour empêcher le combustible d'être poussé trop en arrière , et pour diriger la flamme , de la fumée et de l'air frais. — F , canal au-dessous et autour de la chaudière pour la circulation de la flamme. — H , maçonnerie du fourneau. — I , cendrier. — K , plaque de fonte horizontale , jointe à la plaque inférieure de la trémie , et qui facilite la pose de celle-ci lors de la construction. — r , porte pratiquée entre le mur D et la partie postérieure de la grille B , pour nettoyer la grille et la débarrasser des résidus de la combustion. — S S , portes du fourneau ; elles doivent être fermées quand le fourneau est en train. On ne les ouvre que quand il faut attiser le feu , nettoyer la grille , ou pousser le charbon en arrière. L'usage de ces portes est d'empêcher la déperdition de toute la chaleur rayonnante qui sort de la partie inférieure et antérieure de la grille , et d'augmenter le tirage du fourneau.

305. Le fourneau que nous venons de décrire est employé avec le plus grand succès à Londres , à Manchester , etc. Voici ce qu'en dit M. *Tilloch* , dans le *Philosophical Magazine* , n°. 148.

Invités par un avertissement , nous nous sommes transportés chez MM. *Bennet* et *Silver* , dans Bedford-Street , Covent-Garden , pour voir un de ces fourneaux en action , et nous avons été extrêmement satisfaits , en observant qu'on ne voyait pas la moindre apparence de fumée à l'extrémité du conduit de la cheminée. On ne peut guère donner une idée plus juste de l'avantage qui caractérise ce perfectionnement , qu'en racontant

ce qui avait eu lieu précédemment à l'occasion de cette même machine à vapeur. La fumée incommodait les voisins à un tel degré, qu'ils obtinrent que la machine fût arrêtée, comme produisant un inconvénient insupportable. Maintenant cette machine est si éloignée d'incommoder qui que ce soit, que, si l'on n'est pas admis à la voir travailler de près, il est impossible de deviner de dehors quand elle est en action ou en repos.

*Chaudières.*

306. Les machines à vapeur destinées à un travail continu doivent être pourvues de deux chaudières. Cette précaution est nécessaire afin que le travail ne cesse pas, lorsqu'on répare une des chaudières.

307. Les chaudières des machines qui ne sont pas à double pression, sont de cuivre ou de tôle laminée; elles ont des formes différentes, mais toutes doivent être pourvues de plusieurs ouvertures et de plusieurs tubes dont nous allons expliquer l'usage, voyez Pl. VIII, fig. 10.

308. A est une ouverture ou regard par où l'on remplit la chaudière, et qui sert à y pénétrer pour l'examiner intérieurement.

B est un tuyau muni d'un robinet pour la vider. — *vv* est le tuyau qui aboutit au cylindre, et qui conduit la vapeur de la chaudière ou elle se forme, au cylindre où elle agit.

Le tuyau *t t'* se nomme le *tuyau nourricier* de la chaudière. C'est lui qui conduit l'eau nécessaire pour entretenir celle qui est dans la chaudière, toujours à une hauteur constante. Ce tuyau aboutit à un autre tuyau *ll* dont l'extrémité inférieure plonge dans l'eau de la chaudière. Il est aisé de concevoir pourquoi l'eau que le tuyau nourricier conduit, pénètre dans la chau-

dière, malgré la vapeur qui se forme en *b*, lorsque cette vapeur n'est qu'à 80 ou 85 degrés ; car cette eau a, outre le poids de l'atmosphère, celui de toute la colonne depuis *t* jusqu'à la surface de la chaudière. On conçoit que la longueur du tuyau doit être d'autant plus grande que la température de la vapeur est plus élevée. Le tuyau nourricier doit avoir un robinet qui donne le moyen de régler la quantité d'eau que l'on veut introduire dans la chaudière.

Le tuyau *m m* (fig. 11) sert à reconnaître la hauteur de l'eau dans la chaudière. Sa partie inférieure plonge dans l'eau, et il communique à sa partie supérieure avec la vapeur ; d'après cela, l'eau doit s'y introduire et s'y tenir au même niveau que dans la chaudière ; et, comme la partie apparente de ce tuyau est en verre, on peut à chaque instant connaître la hauteur intérieure de l'eau. Il est très-aisé (*a*) d'adapter de la même manière un thermomètre qui fasse connaître à l'extérieur, la température de l'eau ; cette température indiquera la valeur de la pression, au moyen de la table 191. On pourrait au thermomètre substituer un baromètre dont le tube serait apparent, et dont la cuvette plongerait dans la vapeur. Cet instrument indiquerait immédiatement la force de la pression.

309. La chaudière doit avoir indispensablement une soupape de sûreté pour donner issue à la vapeur qui se forme dans la chaudière, lorsqu'on veut arrêter la machine, soit pour cesser le travail, soit dans le cas de quelque accident : on lève cette soupape à volonté en tirant une chaîne *k k* qui passe sur une poulie, ou qui répond à un bras de levier *b b* qui a un mouvement de rotation autour du centre *C*. Cette soupape est chargée de manière que l'excès de son poids, plus celui de

---

(a) *Nouvelle architecture hydraulique de Prony*, tome 2, page 55.

l'atmosphère sur la pression inférieure de la vapeur, ne laisse pas un trop grand effort à faire à celui qui veut la lever.

310. La chaudière est ordinairement revêtue d'une maçonnerie en brique qui la préserve des chocs à laquelle elle serait exposée, et qui diminue la déperdition de la chaleur rayonnante.

311. Il y a des chaudières dont la coupe horizontale représente un cercle, et dont la coupe verticale a la forme indiquée (Pl. VIII, fig. 10). On voit que la partie inférieure est concave pour mieux recevoir l'action de la chaleur; la partie supérieure convexe a la forme d'une calotte.

312. La coupe horizontale de la chaudière (Pl. VIII, fig. 11) est un parallélogramme. Sa coupe verticale a la forme indiquée, fig. 11. — *a* est un canal qui traverse la chaudière dans toute sa longueur, au moyen duquel la flamme est admise dans le sein de la chaudière même. La chaudière de la fig. 10 dont la paroi de l'espace est une surface de révolution, n'a pas besoin d'un canal intérieur comme celui que nous venons d'indiquer, parce que la chaleur appliquée au pourtour, a partout une égale tendance à pénétrer au centre, propriété que n'admet point la forme oblongue de la seconde espèce de chaudière.

313. Dans l'une et dans l'autre espèce on a soin de pratiquer dans la maçonnerie un canal qui environne la chaudière tout autour, et qui communique d'un côté avec le foyer et de l'autre avec le tuyau de la cheminée, de sorte que la flamme entre dans le canal, et est obligée de faire le tour de la chaudière avant de trouver une issue libre.

314. On place ordinairement près de la chaudière, et à la hauteur convenable, un réservoir provisionnel contenant l'eau destinée à la remplir. Cette eau peut être amenée dans le réservoir par des moyens dépendans du jeu de la machine.

*Chaudières de bois*

315. M. *Droz* proposa d'adapter des chaudières de bois aux machines à vapeur. Voici le rapport de MM. *Coulomb* et *Prony* sur une machine soumise au jugement de l'institut, dans laquelle M. *Droz* fit usage de ces chaudières. Cette machine est de l'espèce de celles qu'on a nommées à *double effet*, dans lesquelles la condensation de la vapeur ayant lieu alternativement au-dessus et au-dessous du piston du cylindre à vapeur, ce piston fait effort, soit en montant, soit en descendant. Les moyens de produire un pareil effet sont trop connus pour qu'il soit nécessaire d'en donner la description entière, et nous nous contenterons de faire connaître les particularités qui distinguent la machine de M. *Droz* des autres machines de la même espèce. (Pl. IX, fig. 11.)

316. La première consiste dans la disposition de la chaudière et dans la manière de chauffer l'eau; ce liquide et la vapeur qu'il produit sont renfermés dans un vaste récipient en bois, que l'auteur se propose de doubler en plomb si cela est nécessaire, formé de douelles ou planches verticales maintenues par des cercles de fer, et ayant la forme de cône tronqué dont la hauteur est d'environ 27 décimètres, le diamètre inférieur de 21 décimètres, et le supérieur de 17; le tout pour un cylindre à vapeur de 45 centimètres de diamètre. Ce récipient renferme deux chaudières de métal placées l'une dans l'autre, de forme cylindrique, terminées par des culs de four, et dont les sections horizontales sont concentriques. Leurs diamètres respectifs vers la base sont à peu près de 150 et de 100 centimètres, en sorte qu'elles sont séparées l'une de l'autre par un intervalle d'environ 25 centimètres. La chaudière intérieure a une communication avec le récipient, par un trou pratiqué au robinet inférieur

d'écoulement, au moyen duquel l'eau mise dans le récipient pénètre dans cette chaudière intérieure qui, de plus, a une issue dans la partie supérieure du récipient par une ouverture faite aux deux chaudières, de manière pourtant que l'espace qui les sépare soit exactement clos par rapport à l'intérieur du récipient. Cette dernière ouverture a pour objet de faire communiquer la vapeur qui se forme dans la chaudière avec celle qui se forme dans le récipient.

317. Cet espace intermédiaire entre les deux chaudières communique avec le fourneau où est allumé le feu qui en occupe la partie inférieure, et, lorsqu'il est allumé, chauffe le fond de la chaudière intérieure, et de plus se répand et circule dans tout l'espace qui sépare les deux chaudières. La cheminée prend naissance du haut de la chaudière extérieure, et environ 12 décimètres de sa longueur sont renfermés dans le récipient de bois.

318. On conçoit, d'après cette description, que le volume de l'eau mise dans le récipient se dirige en deux parties; l'une qui passe dans la chaudière métallique intérieure, et l'autre qui reste entre la chaudière métallique extérieure et la paroi du récipient. L'espace renfermé entre ces deux parties d'eau est rempli par la flamme, laquelle pénètre ainsi dans le sein du liquide, et de plus exerce son action dans la partie qui, placée au-dessus du niveau de l'eau, n'est remplie que par la vapeur.

319. La seconde particularité de la machine de M. Droz consiste dans la manière d'en perpétuer le mouvement, et de transmettre celui du piston au volant, transmission qu'il opère sans se servir de balancier. Voici le mécanisme qu'il emploie pour remplir l'un et l'autre objet. Le haut de la tige du piston du cylindre à vapeur tient avec articulation à deux verges de métal dont les deux autres bouts sont attachés aussi avec articu-

lation aux extrémités de deux leviers tournant sur des axes fixés à la charpente de la machine. On voit d'après cela que, pendant les descentes et les montées successives du piston, chacun de ces leviers décrit des portions de révolution, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, et ses mouvemens alternatifs sont employés à faire mouvoir la bièle du régulateur, la pompe à air, la pompe de reprise qui élève l'eau de condensation, et celle qui alimente la bêche; ensuite, pour faire mouvoir le volant, l'auteur a placé au haut de la tige du piston une traverse horizontale de métal dont chaque extrémité supporte une verge ou bièle pendante, et ces deux bièles font tourner la manivelle excentrique adaptée à l'axe du volant.

320. M. *Droz* a employé, pour modérer le mouvement de la machine, le moyen connu mais ingénieux de deux globes suspendus à deux verges qui, en vertu de la force centrifuge, s'écartant l'une de l'autre à mesure que le mouvement devient plus rapide, diminuent par cet écartement combiné avec un mécanisme fort simple, l'ouverture d'une soupape qui communique de la chaudière au cylindre à vapeur, et ralentissent ainsi la vitesse du mouvement.

321. Les changemens faits par M. *Droz* à la machine à vapeur nous paraissent dignes d'attention; la disposition de la chaudière est favorable à la vaporisation; mais il ne faut pas se dissimuler que la dépense en sera plus considérable que celle des chaudières ordinaires, d'autant plus que nous doutons qu'on puisse faire le grand récipient en bois, même avec une doublure en plomb, sans s'exposer à le renouveler fréquemment. On peut en outre craindre que la partie des chaudières métalliques qui est uniquement placée entre la flamme et la vapeur, ne se calcine promptement. La suppression du balancier et de ses at-

tirails paraît offrir de l'avantage par la diminution des masses à mouvoir, et surtout par la réduction de l'emplacement qu'occupe la machine.

*Machine à chaudière de bois de M. O' Reilly, Pl. IX, fig. 17 (a).*

322. *a*, cylindre placé dans l'intérieur de la chaudière de bois, et dont les extrémités inférieures et supérieures dépassent le fond. — *b*, chaudière de bois remplie d'eau. Cette chaudière est formée de madriers de bois assemblés et retenus par une charpente solide; pour empêcher qu'elle ne se détruise par les alternatives de froid et de chaud ou par l'action de l'eau qui l'imbiberait, on la double de cuivre ou de plomb laminé. Au-dessus, à gauche du cylindre, on laisse une ouverture par une porte mobile qui y est fortement attachée, et qui sert à entrer dans la chaudière pour y faire les réparations en cas de besoin. Au milieu de la masse d'eau se trouve le foyer en fonte où se fait le feu, ainsi que le conduit qui porte la fumée hors de la chaudière. Au-dessus de la surface de l'eau, le cylindre est muni d'un tuyau de communication 3 qui sert à introduire la vapeur en dessus et en dessous du piston.

323. La chaudière a une soupape de sûreté *x* chargée du poids *y* à l'extrémité du levier, avec des crans de distance en distance pour pouvoir, par l'éloignement plus ou moins grand du poids *y*, fixer la pression qu'on juge à propos de lui faire exercer. Le foyer *e* est en fonte; les rebords sont boulonnés contre les madriers de la chaudière; mais on a soin de mettre entre le métal et le bois, des feuilles de carton qui, se trouvant toujours imbibées d'eau, empêchent qu'une trop grande chaleur ne brûle les madriers. Le conduit de la fumée, après avoir tourné dans l'intérieur de la chaudière, descend au-dessous de la chaudière

---

(a) *Annales des arts et manufactures*, tome 9.

avant d'entrer dans la cheminée. Une ouverture laisse entrer l'air pour aider la combustion de la fumée.

324. Voici le jeu de la machine. En haut et en bas du cylindre se trouvent quatre soupapes dont deux  $q$  et  $q'$  communiquent avec le tuyau à vapeur 3, et deux autres  $r$  et  $r'$  communiquent avec les tuyaux des condenseurs  $s$  et  $s'$ . Au milieu des fonds du cylindre sont deux boîtes à cuir à travers lesquelles passe la tige du piston. Supposons le piston prêt à arriver au fond du cylindre, la soupape  $q$  ouverte et  $q'$  fermée; supposons en outre la soupape  $r$  du condenseur  $s$  ouverte, et celle  $r'$  du condenseur  $s'$  fermée, la vapeur qui se trouve entre le piston et le fond entrera dans le condenseur  $s$ . Dès que le piston est arrivé au fond, il presse contre les tiges des soupapes inférieures, ferme celle  $r$  et ouvre la soupape à vapeur  $q'$ ; en même temps le crosillon  $u$  descendant presque simultanément contre les soupapes  $q$  et  $r'$ , ferme la communication de la première et ouvre celle de la seconde avec le condenseur  $s'$ ; alors la vapeur passant par le tuyau 3, ne pouvant entrer par  $q$ , pénètre par  $q'$  et force le piston de remonter en chassant la vapeur qui se trouve dans l'espace supérieur du cylindre, par la soupape  $r'$  dans le condenseur  $s'$ : le crosillon inférieur  $t$ , par le coup montant, produit l'effet contraire.

*Cylindres à vapeur.* Pl. VIII, fig. 1 (a).

325. Un cylindre à vapeur est formé de l'assemblage de quatre pièces principales; savoir, le couvercle qui est traversé par la tige du piston, et auquel est adapté le *steam-box* que nous allons décrire bientôt; une pièce inférieure dans laquelle est l'ouverture par où la vapeur s'introduit au-dessus du piston; le corps du cylindre proprement dit; et enfin le fond. La disposition

---

(a) *Nouvelle architecture hydraulique de Prony*, tome 1.

des parties supérieures doit réunir à la condition de la solidité celle de l'imperméabilité à la vapeur au travers des joints d'assemblage. La partie inférieure doit fournir un écoulement facile à la petite portion d'eau résultant de la vapeur qui se condense contre la paroi intérieure du cylindre; à cet effet le bas du grand corps du cylindre est terminé par une calotte sphérique renversée. Au milieu de cette calotte est un trou carré formant un des orifices d'un canal dont l'autre orifice est l'ouverture par laquelle la vapeur s'introduit dans le cylindre au-dessous du piston, le fond du canal ayant une courbure et une inclinaison pour faire couler le fluide d'un orifice à l'autre; de cette manière toutes les gouttes condensées dans le cylindre se réunissent nécessairement au trou formant le centre de la calotte inférieure, d'où elles vont se réunir à l'eau de condensation.

326. Il est essentiel d'empêcher que la vapeur ne s'échappe au dehors, cependant l'ouverture par laquelle la tige du piston du cylindre à vapeur entre dans ce cylindre, doit, quelque attention qu'on y ait mise, causer une petite déperdition de vapeur et un léger refroidissement dans la partie supérieure du cylindre. Pour parer à cet inconvénient, on a imaginé de pratiquer au-dessus du cylindre une boîte communiquant avec le tuyau qui conduit la vapeur au cylindre au moyen d'un petit tube qui entretient dans la boîte une affluence continuelle de vapeur. Cette vapeur coerce celle du cylindre qui tendait à s'échapper par en haut, et empêche tout refroidissement à l'orifice par où entre la tige, au moyen de quoi toute la vapeur contenue dans le cylindre conserve sa température et son ressort. Les Anglais nomment cette boîte *steam-box*, c'est-à-dire boîte à vapeur.

327. M. *Murray* a imaginé une manière très-convenable d'assembler le corps du cylindre avec son couvercle (Pl. IX

fig. 13). Il les met en contact l'un avec l'autre après les avoir passés au tour, et en disposant le rembourrage sur le dessus du cylindre, ce qui empêche la tige du piston de recevoir un frottement oblique qui provient presque toujours de ce que le couvercle porte un peu moins d'un côté que de l'autre.

328. A A, couvercle ou chapeau du cylindre; il est disposé de manière à entrer tout juste dans la partie alaisée du cylindre; — B B, anneau boulonné sur le rebord du cylindre; — C C, jointure sur laquelle on place une couche de papier, de chanvre, etc., pour empêcher la vapeur de s'échapper; — D D, anneau de renfort dans l'angle du rebord du cylindre, parce que cet endroit doit être affaibli par une entaille ou anneau circulaire destiné à recevoir le rebord du couvercle A A. Cette méthode d'ajuster le couvercle autour est préférable à la méthode ordinaire, et peut s'appliquer à toutes les parties de la machine.

329. M. *Robertson* de Glasgow, réfléchissant à la quantité considérable de vapeur qui s'échappe sur les côtés des pistons les mieux ajustés, sans produire aucun effet mécanique pour accroître la force de la machine, chercha les moyens de remédier à cet inconvénient, et il obtint ce résultat en combinant deux cylindres à vapeur de différentes dimensions agissant ensemble pour produire un seul effet; la vapeur perdue par le piston de l'un, est employée pour agir sur le piston de l'autre.

330. M. *Robertson* a imaginé différentes manières ingénieuses de combiner les deux cylindres, elles sont décrites dans le tome 12 des *Annales des arts et manufactures*.

331. Dans les machines à vapeur les mieux construites, on a soin de renfermer le cylindre à vapeur dans une enveloppe de bois ou de toute autre substance peu conductrice du calo-

rique, dans l'intérieur de laquelle on introduit même quelquefois la vapeur comme moyen de réchauffement. La fig. 4 (Pl. IX) représente un cylindre à double paroi dont on se sert depuis quelque temps en Angleterre.

332. La détermination du diamètre intérieur du cylindre à vapeur comportait beaucoup d'incertitudes avant qu'on connût, par les expériences de M. *Dalton* et de M. *Bettancourt*, la force expansive de la vapeur à toutes les températures. Ces belles et utiles expériences nous donnent le moyen de fixer cette dimension avec une exactitude suffisante. Dans le calcul, il faut déduire de la hauteur de la colonne de mercure correspondante à la température de la vapeur qui doit agir sur le piston, la hauteur due à la force expansive de la vapeur de l'eau de condensation et de l'air raréfié qui s'en dégage, dont l'effort agit sur le piston en sens contraire de celui de la vapeur affluente de la chaudière. La température de cette vapeur est quelquefois de 40 degrés, et elle exerce une force expansive équivalente à une colonne de mercure d'environ 4 pouces de hauteur. Cette température, et par conséquent la réaction qui en résulte, éprouvent des variations dépendantes principalement de la saison où l'on se trouve; elle est plus considérable en été qu'en hiver, et le produit de la machine diminue à proportion.

333. Il faut aussi dans la détermination dont il s'agit, avoir égard à la perte occasionée par la solution de continuité dans le mouvement qui se renouvelle à chaque oscillation du balancier, et qui consomme une partie de l'effort du moteur. Ce déchet est plus ou moins considérable suivant la vitesse que la machine doit avoir, et suivant la grandeur des masses qui doivent être mises en mouvement. Il faut aussi avoir égard aux frottemens et autres résistances passives. On doit, dans le calcul, ajouter la

somme de ces résistances évaluées en poids, au poids qui représente l'effort à surmonter pour produire l'effet utile (a).

*Des soupapes.*

334. Dans les machines de M. *Murray* les soupapes éconductrices de la vapeur sont disposées de manière que la communication par les tiges traversant des réservoirs d'huile, l'air ne puisse entrer dans la machine et nuire à l'effet du vide. Ces soupapes sont ouvertes et fermées par un mouvement circulaire. Une telle méthode a sur celle du régulateur ordinaire les avantages de la douceur dans le mouvement, d'une plus grande régularité, et de prévenir les faux coups.

---

(a) M. *de Prony* a donné une formule très-simple pour calculer le rayon du cylindre à vapeur :

Soient  $x$  le rayon cherché,

$Q$ , la somme des résistances rapportées à l'endroit où est le poids à élever, et évaluées en poids de même espèce ;

$N$ , le poids à élever ou la résistance équivalente ;

$h$ , la hauteur de la colonne de mercure qui représente la pression de la vapeur ;

$p$ , la pesanteur spécifique du mercure, qui est à celle de l'eau distillée comme 135,681 est à 10,000 ;

$k$ , le rapport des vitesses virtuelles du piston du cylindre à vapeur et du poids à élever, donné par la construction de la machine ;

$n$ , le nombre de fois que le rayon est contenu dans la circonférence ;

On a, par le principe des vitesses virtuelles  $Q + N = \frac{1}{2} k p n h x^2$ , d'où l'on tire

$$x = \sqrt{\frac{Q + N}{\frac{1}{2} k p n h}}$$

Il ne faut pas dissimuler, dit M. *de Prony*, que l'évaluation des quantités qui entrent dans  $Q$ , suppose jusqu'à un certain point la connaissance des dimensions de la machine, et par conséquent celle du rayon qu'on cherche ; mais, ajoutet-il, elle pourra suffire en pratique, lorsqu'on s'en servira avec les précautions convenables.

335. Nous avons décrit (257) un robinet tournant très-ingénieux qui remplace avantageusement les quatre soupapes employées dans les machines ordinaires à double effet. Nous avons aussi fait connaître (247) l'invention non moins ingénieuse de M. *Martin*, connue sous le nom de *soupape à tiroir*. Il ne sera peut-être pas inutile d'indiquer deux autres organes analogues. Le premier, représenté fig. 12 (Pl. IX), est un grand robinet qu'on substitue aux soupapes; comme celui (257), sa forme est cylindrique, il a deux rebords *a* et *b*, l'un à sa partie supérieure, l'autre à l'inférieure; il est creux intérieurement. Un tuyau 1 traverse le robinet, et sert à introduire la vapeur dans la partie supérieure du cylindre; un semblable tuyau 2 l'introduit dans la partie inférieure; de simples ouvertures 3 et 4 laissent entrer la vapeur dans la cavité du robinet pour passer dans le condenseur.

336. Le second organe est une espèce de soupape à tiroir représenté fig. 15 et 16 (Pl. IX). Au grand cylindre à vapeur B est annexé un demi-cylindre A; deux ouvertures marquées 1, 2, servent de communication entre l'un et l'autre. Le demi-cylindre A en contient un autre *b* mobile et d'un plus petit diamètre; il est attaché à une tige *rcf*, et il a deux rebords 4 et 5 à ses deux extrémités; ces deux rebords, garnis d'étoupes, ferment exactement l'espace 3 3 qui environne le demi-cylindre mobile *b*. Le tuyau 5 sert de communication entre la chaudière et l'espace 3 3.

337. Supposons que le piston *m* s'élève poussé par la vapeur; lorsqu'il sera parvenu à un point déterminé, le mentonnet *p*, adapté à sa tige rencontrera un petit plateau *r* fixé sur la tige *rcf*, et il élèvera le demi-cylindre mobile. Alors l'ouverture 2 entièrement libre permettra à la vapeur qui se trouve au - dessous

du piston *m* de passer dans le condenseur ; et le rebord 4 se trouvant au-dessus de l'ouverture 1, dont la largeur est égale à celle du diamètre de A, la vapeur contenue dans l'espace 3 3 affluera dans la partie supérieure du grand cylindre, pour obliger le piston *m* à descendre. En descendant le mentonnet rencontrera le plateau *f*, il fera descendre le demi-cylindre *b* jusqu'à ce que le rebord *s* soit descendu au-dessous de l'ouverture 2. Dans cet état de choses, la vapeur de la chaudière entre par l'ouverture 2, et celle qui se trouvait dans la partie supérieure du cylindre B, passe dans le condenseur en traversant le demi-cylindre *b*, qui à cet effet est creux.

338. Les fig. 8 et 9 (Pl. VIII) indiquent deux méthodes de disposer ( dans les machines à double effet ) les tuyaux et les boîtes à vapeur où sont placées les soupapes éconductrices. — *g*, tuyau par où la vapeur arrive pour se porter dans le cylindre. — *h*, tuyau de sortie de la vapeur pour se porter dans le réfrigérant. — *o*, soupape qui tour à tour favorise et intercepte l'entrée de la vapeur dans la partie supérieure du cylindre. — *d*, soupape qui ouvre ou ferme la communication entre la partie supérieure du cylindre et le condenseur. — *e*, soupape de communication entre la vapeur qui arrive de la chaudière et la partie inférieure du cylindre. — *f*, soupape de communication de cette partie inférieure du cylindre avec le condenseur. — *a* et *b*, tuyaux de communication des boîtes à vapeur avec le grand cylindre. Les soupapes *o* et *f* sont ouvertes à la fois ; la première pour laisser entrer la vapeur dans la partie supérieure, la seconde pour faire passer dans le condenseur la vapeur qui se trouve en dessous du piston, tandis que les soupapes *d*, *e* sont fermées ; de même les soupapes *d*, *e*, sont ouvertes simultanément, pendant que celles *o*, *f*, sont fermées.

339. Les fig. 20 et 21 (Pl. XXXVI) indiquent de quelle ma-

nière sont disposées les soupapes dans les boîtes à vapeur. L'axe horizontal  $ab$  porte dans l'intérieur de la boîte un levier  $\nu\nu'$ , correspondant à une entaille pratiquée à la queue  $u$  de la soupape; lorsque l'axe  $ab$  fait une partie de révolution dans un sens ou dans l'autre, la partie  $\nu'$  engagée dans l'entaille, élève la soupape ou la laisse tomber alternativement. Une pièce immobile  $yy$  est placée derrière la queue de la soupape; elle a une entaille carrée dans laquelle cette queue glisse en montant et en descendant, et qui empêche qu'elle ne vacille dans son mouvement.

340. Pour empêcher que l'axe  $ab$  n'ait du jeu dans le sens de sa longueur, on a pris les précautions suivantes: cet axe traverse une boîte de cuivre  $nn$  qui est fixe, et une partie de sa longueur engagée dans cette boîte a la forme conique; une bride  $ffm$  est attachée à la pièce  $nn$ , et la tête  $m$  de cette bride sert d'écrou à une vis  $hh$ ; cette vis est terminée par une pointe qui vient presser contre l'extrémité extérieure de l'axe  $ab$ , et, en la serrant plus ou moins, on donne à la partie conique engagée dans  $nn$  le degré de pression nécessaire.

#### *Pistons.*

341. M. *Woolf* a construit en Angleterre des machines à forte pression qui ont une particularité bien remarquable; le piston, au lieu d'être en contact avec la vapeur aqueuse qui fond et dissout les graisses dont on l'imprègne, reçoit le mouvement par l'intermédiaire d'une colonne d'huile ou de tout autre corps gras peu évaporable, sur lequel la vapeur agit par pression. Pour cela, le cylindre où le piston se meut est enveloppé d'un cylindre plus gros avec lequel il communique et dans lequel on met l'huile qui, montant et descendant sans cesse dans le cylindre intérieur, le tient toujours lubrifié.

342. Les fig. 23 et 24 (Pl. XXXVI) représentent le piston d'une machine à vapeur. — *aaaa* est d'une seule pièce. L'espace cylindrique renfermé par *bb* est occupé par l'extrémité inférieure de la tige *KK* du piston qui y est retenu par une clavette: on voit au-dessus de la couronne *aa* un cercle ou rondelle *cc*, et c'est entre *aa* et *dd* qu'est contenue la filasse *FF* qui intercepte la communication de la vapeur d'une partie du cylindre à l'autre. Pour donner à cette filasse la compression et le gonflement nécessaires, on pose au-dessus de *aaaa* un plateau lié avec cette partie par des vis 1, 2, 3, etc.; et on emploie une quantité de filasse assez grande pour que le plateau posant sur le cercle, il y ait un intervalle entre ce plateau et la surface supérieure de *aaaa*. Cet intervalle peut être diminué en serrant les écrous des vis 1, 2, 3; et alors le cercle s'abaissant d'autant, comprime la filasse *FF* et la fait gonfler pour remplir plus exactement la capacité intérieure du cylindre à vapeur.

343. Nous avons indiqué (236) une autre espèce de piston qui paraît, sous quelques rapports, préférable à celui-ci.

*Du réfrigérant ou condenseur.*

344. Le condenseur ou réfrigérant est cette partie de la machine à vapeur qui produit les injections d'eau froide au moyen desquelles le vide s'établit dans une portion du cylindre par la condensation de la vapeur qui y était contenue. Un cylindre (Pl. VIII, fig. 1) est immergé dans une bûche constamment remplie d'eau froide; une branche du tuyau recourbé *jj'* entre dans l'intérieur de ce cylindre, et l'autre branche demeure au dehors. Ce tuyau ne doit donner d'autre issue à l'eau que l'ouverture extérieure *j* et l'extrémité intérieure *j'*. Au-dessus de l'ouverture *j* est une soupape *o* fixée à l'extrémité inférieure de la tige *r*, dont la partie supérieure taraudée tra-

verse un écrou à oreille fixé au -dessus du plancher de la bêche. En serrant ou desserrant cet écrou, on approche plus ou moins la soupape *o* de l'ouverture qu'elle pourrait fermer exactement, si elle était assez descendue pour cela. Cette ouverture *j* est comme on voit entièrement plongée dans la bêche. Au-dessus du cylindre *X* est adapté un tuyau *Y*: c'est dans ce tuyau que s'opère sans cesse la condensation. L'eau tend à jaillir par l'ouverture intérieure avec une vitesse due à une colonne d'eau qui aurait 32 pieds, plus la hauteur de l'eau dans la bêche au -dessus de l'ouverture, moins la hauteur d'une colonne d'eau équivalente à la petite force expansive qui exerce son action dans le condenseur; ainsi l'eau doit affluer en *j j'* avec beaucoup d'impétuosité; mais on peut diminuer à volonté la quantité de cette eau qui y entre, en rapprochant plus ou moins la soupape de l'ouverture *j*. Lorsque la condensation se fait, l'eau d'injection s'échauffe par son mélange avec la vapeur, et se trouve ordinairement à une température de près de 40 degrés. Il est donc nécessaire de l'évacuer et de la remplacer continuellement par de l'eau fraîche.

*Pompes de service. Pl. VIII, fig. 1.*

345. Les pompes de service fournissant l'eau nécessaire pour la condensation, ôtent de la bêche l'eau qui a déjà servi à la condensation, et qui, dans cette opération, a acquis un certain degré de chaleur; et enfin elles alimentent la chaudière et réparent continuellement les pertes que l'évaporation produit; elles y maintiennent l'eau toujours à un même niveau. A cet effet, on se sert de deux pompes, l'une aspirante et foulante *g* commune, au moyen d'un tuyau horizontal, avec le cylindre du condenseur. Le tuyau horizontal est muni d'une soupape qui livre passage à l'eau et à l'air de condensation lorsque le pis-

ton s'élève et que l'aspiration se fait dans le corps de pompe : cette soupape se referme ensuite pendant le passage de l'un et l'autre fluide au-dessus de ce piston, qui a lieu lors de son abaissement. L'eau et l'air de condensation sont ainsi élevés dans un récipient d'où part le tuyau nourricier de la chaudière. La hauteur du récipient doit être telle, que la colonne d'eau que l'on veut introduire dans la chaudière puisse y pénétrer malgré la résistance de la vapeur, comme nous l'avons dit (308). Le surplus de l'eau s'échappe par un tuyau latéral.

346. L'autre pompe *p*, simplement aspirante, sert à alimenter la grande bêche. Un ajutage à robinet est placé au bas de la bêche pour faire écouler l'eau à mesure qu'elle entre à la partie supérieure. On conçoit que l'immersion de la partie du condenseur, qui est échauffée par la vapeur, tend à faire hausser la température de l'eau de la bêche, ce qu'il faut éviter autant qu'on peut, vu que cette eau étant celle qui sert à la condensation, il est nécessaire que sa température passe beaucoup celle du réservoir que fournit la pompe, et qu'en conséquence elle soit renouvelée à mesure qu'elle s'échauffe.

347. Un petit tuyau est adapté à la partie inférieure de la pompe aspirante et foulante, et sort hors de la bêche. Ce tuyau s'appelle le reniflar, il sert à l'évacuation de l'air contenu dans le cylindre et dans toutes les parties qui communiquent avec lui, lorsque l'on veut mettre en action la machine.

348. M. *W. Hase* a proposé (a) un moyen d'alimenter la chaudière d'une machine à vapeur avec de l'eau presque aussi chaude que l'eau bouillante. Dans la plupart des machines à vapeur on emploie à cet usage une partie de l'eau provenant de la vapeur condensée; la température de cette eau n'est pas très

---

(a) *Repertory of arts*, septembre 1801.

élevée. On observe aux machines de Chaillot et du Gros-Caillou, que l'eau sortant du condenseur en hiver n'est qu'à 28°; dans les chaleurs moyennes, lorsque l'eau d'injection est à 12°, l'eau retirée du condenseur est à 39°; enfin, dans les grandes chaleurs de l'été, l'eau d'injection étant à 20°, celle qui sort du condenseur est quelquefois à 45°. Par le procédé de M. *W. Hase*, l'eau qui alimente la chaudière est chauffée à une température qui égale à peu près celle de l'eau bouillante, quoique le volume de l'eau d'injection soit suffisant pour produire un vide aussi parfait que dans toutes les autres machines à vapeur. Pour obtenir cet effet, M. *W. Hase* construit un petit réservoir qui doit être constamment rempli par l'eau chaude élevée par la pompe à air, et il force cette eau, à l'aide d'une petite pompe, de circuler dans des tubes disposés dans l'intérieur du tuyau qui conduit au condenseur. Par ce moyen, la vapeur, dans le trajet qu'elle fait pour aller se mêler à l'eau d'injection, s'applique nécessairement aux parois des tubes, leur communique une grande partie de sa chaleur, et échauffe l'eau qu'ils renferment presque à la température de l'eau bouillante. Un tuyau d'embranchement adapté aux tubes ci-dessus, à une hauteur convenable, sert à conduire dans la chaudière l'eau chaude qui doit l'alimenter.

349. La fig. 5 (Pl. IX) représente la coupe d'une machine à vapeur à double effet, avec les améliorations proposées par M. *W. Hase*. A A, grand cylindre dans lequel le piston se meut — O, P, boîtes à vapeur dans lesquelles la vapeur arrive de la chaudière par des tuyaux adaptés en O et P et qui ne sont pas représentés dans la figure. Elles contiennent chacune deux soupapes B C et b c qui s'ouvrent et se ferment à l'aide du mécanisme ordinaire et de la poutrelle. — d d, est le passage qui conduit au condenseur D D terminé en H par la pompe à

air. — E F G, sont les parties ajoutées par M. *W. Hase*. — *f* G, petit réservoir dans lequel est versée l'eau chaude élevée par la pompe à air. Il est entretenu constamment plein, et est muni d'un dégorgeoir de superficie. — E, petite pompe qui élève une partie de cette eau dans les tubes F F; ces tubes sont placés dans l'intérieur du passage qui conduit la vapeur au condenseur, et ils ont ainsi leur surface extérieure en contact avec la vapeur chaude qui se précipite dans le condenseur. — N, tuyau d'embranchement qui conduit l'eau alimentaire dans la chaudière; il est adapté assez bas au-dessus du coude M pour que la pression de la colonne d'eau surpasse celle de la vapeur, et qu'elle puisse s'introduire dans la chaudière.

350. Si l'on suppose la machine en action, la soupape *b* dans la boîte à vapeur inférieure étant ouverte, et celle *c* étant fermée, la soupape B sera fermée dans la boîte supérieure, et la soupape C sera ouverte; alors la vapeur venant de la chaudière, passera par *b* sous le piston, pendant que la vapeur qui occupe la partie supérieure du cylindre communiquera par le tuyau *d d D D* avec le condenseur, où il se fait une injection continue, et se condensera. Le piston sera donc poussé de bas en haut par la force élastique de la vapeur qui est au-dessous. Quand il sera parvenu près du sommet du cylindre, les soupapes *b* et C se fermeront, celles B et *c* s'ouvriront, la vapeur de la chaudière entrera par L dans le cylindre, au-dessus du piston, et celle au-dessous passera dans le condenseur où elle se condensera, et le piston sera forcé de descendre. Quand la descente du piston sera achevée, les soupapes reprendront leur première position, et le piston s'élèvera de nouveau.

351. La pompe H est mise continuellement en mouvement par la machine, et elle épuise l'eau d'injection échauffée par la vapeur condensée, ainsi que les fluides élastiques permanens

qui se dégagent de l'eau. Cette eau chaude, au lieu d'être conduite aussitôt dans la chaudière, est versée dans le petit réservoir G, et élevée en partie par la petite pompe E dans les tubes F F M, où elle s'échauffe par le contact des vapeurs qui s'appliquent sur les parois de ses tubes, dont on peut augmenter la surface en les contournant en hélices, et parvient à une température qui approche beaucoup de celle de l'eau bouillante. Il en résulte nécessairement, 1°. que la vapeur, étant déjà dépouillée en partie de sa chaleur avant d'entrer dans le condenseur, échauffera d'autant moins l'eau d'injection, et le vide sera plus parfait; 2°. l'eau de la chaudière ne sera point, ou sera beaucoup moins refroidie par l'introduction continuelle de l'eau qui sert à l'alimenter, et l'on pourra employer moins de combustible pour produire, dans les mêmes circonstances, une quantité déterminée de vapeur.

352. *Indication d'ouvrages sur les machines à vapeur.*

Papin, *Nouvelle manière d'élever l'eau par la force du feu.*

Cassel, 1707, in-fol.

Haris, *Lexicon technicum.* London, 1708, 2 vol.

Desaguilliers, *Cours de physique expérimentale.*

Leupold, *Theatrum machinarum.*

Bélidor, *Architecture hydraulique.*

Bossut, *Hydrodynamique.*

Cambray, *Description d'une machine à feu pour les salines de Castiglione,* Parme, 1766, in-4°.

Poda, *Description des machines établies pour l'exploitation des mines à Schemintz,* 1771.

Blakey, *Observations sur les pompes à feu.* Amsterdam, 1774, in-4°.

*De la composition des Machines.*

*Recueil des machines approuvées par l'Académie.*

Prony, *Nouvelle architecture hydraulique.*

*Repertory of arts and manufactures*, première et seconde séries.

Nicholson's, *Journal.*

*Bibliothèque britannique.*

*Philosophical magazine*, by Tilloch.

*Transactions philosophiques.*

*Le recueil des machines publié par la Société d'encouragement de Londres.*

*Le Bulletin de la Société d'encouragement de Paris.*

*Les Annales des arts et manufactures.*

*Nouveaux mémoires de la Société batave pour les connaissances utiles, établie à Rotterdam*, premier volume.

Biot, *Traité de physique.*

*Journal des mines.*

Hachette, *Traité élémentaire des machines.*

Guenyveau, *Essai sur la science des machines.*

---

## CHAPITRE VI.

### *Du vent.*

353 et 354. LE vent n'est autre chose qu'un air agité, une portion de l'atmosphère qui se meut comme un courant avec une certaine vitesse et avec une direction déterminée.

Les lecteurs, curieux de connaître les causes principales de

ce météore, les détails historiques de toutes les espèces de vents qui soufflent dans les diverses contrées du globe, les résultats des diverses observations météorologiques faites en divers lieux au moyen de l'anémomètre, pourront consulter l'*Histoire naturelle de l'air et des météores*, par l'abbé Richard, tome 6; l'*Histoire naturelle de Buffon*, l'*Essai de physique de Musschembroeck*, trad. de Massuet, tome 2; un *Mémoire de M. Le Roy*, parmi les *mémoires de l'Académie* pour l'année 1751; le *Traité de météorologie de Cotte*; un *Mémoire de Lambert sur les observations du vent*, parmi les *mémoires de Berlin* pour l'année 1777.

*Force et vitesse du vent.*

355. L'*Annuaire* publié par le bureau des longitudes, pour l'année 1818, donne la table suivante de la force des vents.

| Vitesse par seconde,            | par heure.           |   |
|---------------------------------|----------------------|---|
| 0 <sup>mét.</sup> , 5 . . . . . | 1800 <sup>mét.</sup> | vent à peine sensible.  |
| 1, 0 . . . . .                  | 3600                 | sensible.   |
| 2, 0 . . . . .                  | 7200                 | vent modéré.  |
| 5, 5 . . . . .                  | 19800                | vent assez fort.  |
| 10, 0 . . . . .                 | 36000                | vent fort.  |
| 20, 0 . . . . .                 | 72000                | vent très-fort.   |
| 22, 5 . . . . .                 | 81000                | tempête.  |
| 27, 0 . . . . .                 | 97200                | grande tempête.   |
| 36, 0 . . . . .                 | 104400               | ouragan.  |
| 45, 0 . . . . .                 | 162000               | ouragan qui renverse les édifices et qui déracine les arbres. |

356. La vitesse la plus convenable pour le travail des moulins à vent est de 6 à 9 mètres par secondes.

357. Avec un vent de cette force les moulins à vent des environs de Paris, lesquels sont à rotation verticale et portent

quatre ailes, dont chacune a environ 11 mètres de longueur sur 2 mètres de largeur, produisent, suivant M. *Hachette*, l'effet suivant. Un moulin en 24 heures moule quatre setiers de blé, et donne à la farine la préparation convenable pour en faire le pain blanc. Ce travail, dit M. *Hachette*, équivaut à celui de 28 hommes à raison de 7 hommes par setier; et, d'après cette donnée, il évalue l'effet dynamique du vent, sur la supposition qu'un homme en 24 heures élève 111 mètres cubes d'eau à un mètre de hauteur: il en conclut qu'un moulin à vent élèverait 3108 mètres cubes à la même hauteur.

358. *Euler* (*a*) cite quelques expériences faites en Hollande et dont les résultats lui avaient été communiqués par *Lulofs*, professeur de l'Université de Leyde. D'après ces expériences, un moulin dont chacune des ailes avait 43 pieds de longueur et 5 pieds  $\frac{1}{2}$  de large, était capable d'élever par minute 1500 pieds cubes d'eau à la hauteur de 4 pieds, la vitesse du vent étant d'environ 30 pieds par seconde; l'inclinaison des ailes sur la direction du vent variait entre leurs extrémités; leur inclinaison moyenne était de 73 degrés. On avait remarqué dans ces expériences, que l'effet de ces moulins était à peu près proportionné au carré des vitesses du vent.

359. *Sméaton* (*b*) a fait plusieurs expériences pour déterminer les effets des moulins à vent, et la meilleure forme qu'il convient de donner aux ailes; il se servit à cet effet d'un modèle de moulin à vent qu'il faisait tourner avec plus ou moins de vitesse par des poids suspendus à un cordon enroulé autour de l'axe du volant. Il appliqua successivement à cet appareil des ailes de formes différentes, et différemment inclinées.

---

(*a*) *Mémoires de l'Académie de Berlin*, an 1756, page 169.

(*b*) *Traduction des expériences de Sméaton par M. Girard.*

Il y fit adapter des ailes inclinées, 1°. sous un angle de 55° sur la direction du vent; 2°. sous un angle de 72 à 75°; 3°. il fit varier l'inclinaison de leurs élémens transversaux, suivant la loi indiquée par un théorème de *Maclaurin* (*a*); 4°. il la fit varier suivant la méthode hollandaise; 5°. en conservant cette dernière inclinaison, il élargit les ailes à leur extrémité de manière à leur donner la figure d'un trapèze; 6°. enfin il substitua aux quatre ailes que l'on emploie ordinairement, huit secteurs d'ellipse qu'il inclina sous l'angle le plus favorable.

360. Ses expériences lui apprirent que, conformément à la théorie, les ailes planes inclinées sous un angle de 55 degrés recevaient à la vérité la plus grande impulsion du vent, lorsqu'elles étaient en repos, mais qu'elles produisaient le moindre effet lorsqu'elles étaient en mouvement. Il reconnut que la forme la plus avantageuse était celle dont les élémens extrêmes sont inclinés sur le plan du mouvement de 70°, 30', et de 22°, 30'. Le rapport de la puissance à l'effet était celui de 10 à 9,2. Cette expérience confirme la théorie d'*Euler* (*b*).

361. *Sméaton* a reconnu ensuite, 1°. qu'une variation d'un degré ou deux dans l'angle d'inclinaison des ailes ne produit qu'une légère différence dans l'effet, quand l'angle approche d'être le plus avantageux possible; 2°. que, lorsque le vent agit sur une surface concave, il résulte de cette disposition un avantage pour la puissance de l'aile considérée dans toute son étendue, quoique chacune de ses parties, prise séparément, ne soit pas elle-même disposée de la manière la plus avantageuse; 3°. qu'une aile plus large doit être inclinée sous un angle

---

(*a*) *Traité des fluxions*, tome 2.

(*b*) *Euler*, *Mémoires de l'Académie de Berlin*, pour l'année 1752 et 1756.  
— *Nouveaux commentaires de Pétersbourg*, pour 1752.

plus grand, et que, lorsqu'elle est plus large à son extrémité que près du centre, elle présente une forme plus avantageuse que si elle était parallélogramique; 4°. que, dans le cas où le cylindre de vent est totalement intercepté par les ailes, il ne produit pas le plus grand effet, parce qu'il manque d'issue convenable pour s'échapper après avoir exercé son action.

362. *Sméaton* a observé que le rapport qui existe entre la vitesse des ailes lorsqu'elles ne sont point chargées, et leur vitesse quand elles sont chargées du poids correspondant au *maximum* d'effet, est en général celui de 3 à 2, à peu près; et que le rapport entre la plus grande charge que les ailes peuvent soutenir sans s'arrêter, ou, ce qui est la même chose, entre le moindre poids capable de les arrêter, et la charge correspondante au *maximum* d'effet, est à peu près comme 6 à 5.

363. Il a enfin déduit de ses expériences les règles suivantes :

1°. La vitesse des ailes d'un moulin non chargé ou chargé au *maximum* d'effet, est proportionnelle à la vitesse du vent, la figure des ailes et leur inclinaison étant les mêmes.

2°. Le poids correspondant au *maximum* d'effet est un peu moindre que proportionnel au carré de la vitesse du vent, la forme et la position des ailes restant les mêmes.

3°. Les effets des mêmes ailes, lorsqu'elles produisent le *maximum* d'effet, sont un peu moindres que proportionnelles au cube de la vitesse du vent.

4°. La charge des mêmes ailes correspondant au *maximum* d'effet est à peu près comme le carré, et leur effet comme le cube du nombre de leurs révolutions dans un temps donné.

5°. Quand les ailes sont chargées de manière à donner un *maximum* d'effet sous une vitesse donnée, et que celle du vent vient augmenter, la charge restant la même, 1°. l'accroissement d'effet, celui de la vitesse étant supposé faible, sera à peu près

comme le carré de cette vitesse; 2°. quand la vitesse du vent sera double, les effets seront à peu près comme 10 à 27  $\frac{1}{3}$ ; 3°. quand les vitesses comparées seront plus que doubles de celle sous laquelle le poids donné produit un *maximum*, les effets croîtront à peu près dans le rapport simple de la vitesse du vent.

6°. Lorsque les ailes sont semblables de figure et de position, le nombre de leurs révolutions, en un temps donné, est réciproquement proportionnel à leur longueur.

7°. La charge au *maximum* d'effet que des ailes semblables de figure et de position sont capables de supporter à une distance donnée du centre de mouvement, sera comme le cube du rayon.

8°. L'effet des ailes de position et de figure semblables, est proportionnel au carré du rayon.

9°. La vitesse de l'extrémité des ailes *hollandaises*, ainsi que des ailes *élargies*, soit qu'on les suppose non chargées ou chargées au *maximum* d'effet, est considérablement plus rapide que la vitesse du vent; cette extrémité se meut 3 fois  $\frac{2}{3}$  plus vite.

364. Les praticiens ont observé, dit *Sméaton*, que, quand les ailes hollandaises, placées à l'ordinaire, faisaient 13 révolutions par minute, les moulins auxquels elles étaient appliquées effectuaient un travail moyen, et alors la vitesse du vent est de 12 pieds  $\frac{2}{3}$  par seconde.

365. *Sméaton*, en appliquant les résultats de ses expériences au calcul de l'effet d'un moulin garni de quatre ailes hollandaises de 30 pieds de long, avec un vent de la force de 12 pieds et  $\frac{1}{3}$  de vitesse par seconde, a reconnu qu'il équivalait à la force de dix hommes et à celle de dix-huit, lorsque ces ailes sont élargies. Il a eu occasion de vérifier que ces calculs ne sont pas pure-

ment spéculatifs, et sont susceptibles d'être appliqués avantageusement à la pratique. En effet, dans un moulin à huile dont les ailes élargies avaient 30 pieds de rayon, et faisaient tourner deux meules verticales qui écrasaient de la graine de navette, il a observé que, quand les ailes faisaient 11 révolutions par minute, cas dans lequel la vitesse du vent doit être d'environ 13 pieds par seconde, les meules faisaient sept tours par minute, tandis que deux chevaux, employés pour les faire mouvoir, ne leur faisaient faire à peine que 3 tours ; dans le même temps. Enfin, continue-t-il, on s'est assuré de la supériorité réelle des ailes élargies sur les ailes hollandaises ordinaires, non-seulement dans les circonstances où elles ont été appliquées à des moulins neufs, mais encore dans les circonstances où elles ont été substituées à des ailes d'ancienne construction.

366. *Sméaton*, en comparant les moulins horizontaux aux moulins verticaux, fait observer qu'on ne doit point être surpris, si les premiers n'ont réellement que la huitième ou la dixième partie de la puissance des verticaux, ce dont on est assuré par les tentatives qui ont été faites. Ce désavantage dépend de ce que, dans un moulin horizontal, il n'y a qu'un peu plus d'une voile sur laquelle le vent agisse, tandis que, dans les moulins à vent ordinaires, le vent agit contre les quatre ailes en même temps. Supposant donc chaque aile d'un moulin à vent horizontal, de même dimension que chacune des ailes d'un moulin à vent vertical, il est manifeste que la puissance d'un de ces derniers, composé de quatre ailes, sera quatre fois plus grande que la puissance d'un moulin horizontal, quel que soit le nombre de ses ailes. De plus les ailes postérieures éprouvent nécessairement une difficulté à se mouvoir contre le vent.

367. Les moulins à vent connus peuvent être distribués en quatre genres, 1°. moulins à rotation verticale et à voiles qua-

drilatères, 2°. moulins à rotation verticale et à voiles triangulaires, 3°. moulins à rotation horizontale, 4°. moulins à mouvement alternatif.

GENRE PREMIER. — Moulins à rotation verticale et à voiles quadrilatères.

368. Ce genre de moulins à vent, quoique le plus anciennement connu, est encore celui qui mérite la préférence sur tous les autres par sa solidité, par sa simplicité, par sa manœuvre plus facile et plus sûre, enfin par plus de régularité dans le mouvement, et par un effet utile plus abondant, à parité de circonstances.

Ce genre se subdivise en deux espèces, 1°. moulins dont le toit seul est mobile, 2°. moulins dont le corps de l'édifice est mobile.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Moulins dont le toit seul est mobile*, Planche XII, fig. 3 et 4.

369. Le corps de l'édifice, dans cette espèce de moulins, est une tour en maçonnerie ou bien en charpente. Si cette tour est en charpente, elle a ordinairement une base octogone plus large dans le bas que dans le haut, et elle a la figure d'un tronc de pyramide. Huit fortes pièces verticales partent des angles de l'octogone, sont liées entre elles par trois ou quatre rangs de pièces horizontales et par des *croix de Saint-André* butant les unes contre les autres. Les pièces horizontales supportent les poutres des planchers. Des planches placées à recouvrement l'une au-dessus de l'autre forment le revêtement extérieur de la tour. Elles devraient être travaillées à la varlope et goudronnées pour mieux résister aux injures du temps.

370. La tour dont nous venons de parler s'élève quelquefois  
*De la composition des Machines.*

au-dessus d'un corps de bâtiment dans lequel on dispose les machines qui doivent être mues par le moulin à vent placé sur cette tour. On en voit un exemple dans la fig. 4, qui représente l'extérieur d'une scierie hollandaise. On doit établir dans le pourtour de la tour une plate-forme circulaire accessible, où l'on puisse manœuvrer la queue du moulin destinée à l'orienter, comme nous l'indiquerons bientôt.

371. L'organe d'un moulin à vent qui reçoit l'impulsion du vent, se nomme *volant*. Il est composé de plusieurs pièces; savoir, d'un arbre tournant, incliné à l'horison de huit à dix degrés, et d'un certain nombre d'ailes.

372. Voici le détail des mesures moyennes des volans des moulins à vents établis en Flandre, et principalement auprès de la ville de Lille, où il y en a une très-grande quantité, qui élèvent des pilons pour broyer les graines de colza, et en extraire l'huile, et qui servent à la mouture.

Les volans ont, d'une extrémité d'une aile à l'extrémité de l'aile opposée, une longueur de 76 pieds; la largeur de l'aile est d'un peu plus de six pieds dont cinq sont formés par une toile attachée sur un châssis, et le pied restant par une planche très-légère; la ligne de jonction de la planche et de la toile, forme, du côté frappé par le vent, un angle sensiblement concave au commencement de l'aile, et qui allant toujours en diminuant, s'évanouit à l'extrémité de l'aile. La pièce de bois qui forme le bras et soutient le châssis, est placée derrière cet angle concave. La surface de la toile forme une surface courbe; mais les constructeurs de moulins, dit *Coulomb* (a), n'ont aucune règle fixe dans le tracé de cette courbure, quoiqu'ils la regardent

---

(a) Coulomb, *Memoires de l'Académie* pour l'année 1781.

comme le secret de l'art ; il a paru à cet auteur que le plus généralement l'on s'éloigne peu de la vérité, en supposant la surface de l'aile, composée de lignes droites, perpendiculaires au bras de l'aile à six pieds de l'arbre : ces lignes droites formeraient avec l'axe de l'arbre un angle de  $60^\circ$ , et à l'extrémité de l'aile, cet angle serait de  $78$  à  $84$  degrés ; en sorte qu'il augmente de  $78$  à  $84$ , à mesure que l'axe de rotation est plus incliné à l'horizon. Cependant le pan gauche qui formerait l'aile, d'après cette description, n'est pas encore exact, et, au lieu d'être terminé par une ligne droite ; il l'est ordinairement dans le côté, sous le vent, par une ligne courbe dont la plus grande concavité est de deux ou trois pouces.

L'arbre tournant et auquel les ailes sont fixées, s'incline à l'horizon entre  $8$  et  $15$  degrés.

373. *Coulomb*, en examinant l'effet de ces moulins, fit une observation intéressante ; c'est qu'avec un vent moyen que l'on peut estimer de  $18$  à  $20$  pieds par seconde, plus de cinquante moulins placés à un quart de lieue de Lille, dans la même exposition, produisaient à peu près la même quantité d'effet, quoiqu'il y eût plusieurs petites différences dans la construction de ces moulins, soit relativement à la disposition des ailes, soit relativement à l'inclinaison de l'axe de rotation ; de cette observation l'on peut, ajoute *Coulomb*, tirer une conclusion bien intéressante, c'est qu'il est probable qu'à force de tâtonnement, la pratique s'est très-rapprochée du degré de perfection ; car, si l'on cherchait par les règles de *maximis et minimis* (quelle que soit la formule qui exprimerait l'effet d'un moulin) quel devrait être le rapport de toutes les quantités variables qui la composent, pour que cet effet fût un *maximum*, on trouverait, d'après les principes fondamentaux de ce calcul, qu'en faisant varier dans cette formule une ou plusieurs indéterminées, la

variation de l'effet devrait toujours être supposée égale à zéro, ou, ce qui revient au même, que, quoique l'on fit varier un peu les différentes parties de la machine, l'effet resterait toujours constant. Or on trouve ici que, quoique les constructeurs des moulins varient entre eux dans la disposition des ailes, l'effet, avec un vent moyen est toujours constant. Ainsi, il est probable que les parties en sont disposées de manière qu'elles produisent à peu près le *maximum* d'effet.

374. Voici maintenant une série d'observations que *Coulomb* a faites sur ces moulins.

Il observait et mesurait la vitesse du vent avec des plumes très-légères que ce vent entraînait; deux hommes placés sur une petite élévation, dans la direction du vent, et à 150 pieds l'un de l'autre, observaient le temps que cette plume employait à parcourir les 150 pieds.

1°. Le vent parcourant 7 pieds par seconde, lorsque le moulin est libre, et lorsqu'aucun des pilons n'est élevé, les ailes du moulin font cinq tours et demi par minute; mais, en mettant un seul pilon, pesant mille vingt livres, en action, et frappant deux coups de 18 pouces de hauteur à chaque tour d'aile, le moulin fait à peine trois tours par minute.

2°. Le vent parcourant 12 à 13 pieds par seconde, les ailes font sept à huit tours par minute, et il n'y a que deux pilons de mille vingt livres et un pilon de cinq cents livres qui soient en action: avec ce degré de mouvement, le moulin ne peut fabriquer qu'une tonne ou 200 livres d'huile en 24 heures.

3°. Le vent parcourant 20 pieds par seconde, les ailes font 13 tours dans une minute, cinq pilons de 1020 livres chacun sont mis en action, ainsi qu'un pilon de 500 livres: les quatre ailes du moulin portent toute leur voilure, et l'on fabrique

trois tonnes et demie d'huile en 24 heures : ce degré de vitesse dans le vent est celui qui paraît convenir le mieux à cette machine, c'est au moins celui que le conducteur préfère ; il n'est pas forcé de travail : ce vent souffle ordinairement avec une vitesse assez uniforme ; le moulin porte toute sa voilure sans crainte d'accident, et sans que les liaisons de la charpente soient trop fatiguées.

4°. Le vent souffle avec force, parcourt 28 pieds par seconde ; les conducteurs des moulins sont obligés de serrer six pieds de voile à l'extrémité de chaque aile ; l'aile fait 17 à 18 tours dans une minute, et le moulin fabrique près de cinq tonnes en 24 heures ; les cinq pilons de 1020 livres, ainsi qu'un pilon de 500, sont en action.

5°. Les moulins à blé, dont l'engrenage est disposé de manière que la meule fasse cinq tours dans le temps que l'axe n'en fait qu'un, ne commencent à tourner que lorsque la vitesse du vent est de 18 pieds par seconde ; les ailes du moulin font onze ou douze tours par minute, et ces moulins peuvent moudre, sans bluter, de huit à neuf cents livres de blé par heure ; l'on doit remarquer qu'avec ce degré de vent, les moulins à huile font également de onze à douze tours par minute ; en sorte que, dès que l'on aura calculé pour un vent de 18 pieds par seconde, la quantité d'effet que produit un des moulins à huile dont le travail a été indiqué précédemment, l'on évaluera très-facilement le *momentum* de la résistance de la meule qui broie le grain.

6°. Lorsque le vent a 28 pieds de vitesse par seconde, les ailes des moulins à blé portant toute leur voilure font souvent jusqu'à 22 tours par minute, et peuvent moudre jusqu'à 1800 livres de farine par heure. Quelquefois les meuniers font tra-

vailler leur moulin avec cette vitesse, malgré le degré énorme de chaleur que la farine contracte en sortant de dessous la meule : ils sont cependant obligés pour lors de changer de temps en temps l'espèce de grain qu'ils soumettent à la mouture, pour rafraîchir, disent-ils, la meule.

*Coulomb*, d'après un relevé fait du travail des moulins à huile en question, plusieurs années de suite, a trouvé que chacun d'eux fabriquait, année moyenne, 400 tonnes d'huile.

375. Les Hollandais, dit M. *Mollard*, dans un mémoire qu'il a rédigé sur les moulins à vent propres au sciage des bois, les Hollandais, si propres et si recherchés dans la construction de leurs bâtimens, ne le sont pas moins dans celle de leurs moulins à vent. Quiconque a vu ceux des environs de Paris et les compare aux leurs, croit passer d'un pays barbare dans un pays policé. Simplicité, élégance, économie et solidité, tels sont les principes qui les dirigent toujours.

376. Ils préfèrent les moulins qui n'ont de mobile que la calotte qu'on fait tourner au moyen de la queue *q*, quoique les frais de construction en soient plus considérables. Le corps du bâtiment est fixe. Une galerie *G G* est pratiquée tout autour du moulin à la hauteur de quatre ou cinq mètres ; on y monte pour mettre les ailes au vent, et lorsqu'on veut ployer ou déployer les toiles de ces mêmes ailes. Le fût du moulin est une espèce de conoïde à huit faces, qui commence à la galerie et se termine par un cercle *L K* de six mètres de diamètre, sur lequel la calotte tourne ; des rouleaux de fer ou de cuivre facilitent le mouvement. L'arbre de la grande roue est incliné de cinq à six degrés par rapport à l'horizon, et tourne sur des paliers de marbre. Les collets *A A* sont garnis alternativement de bandes de fer et de bois ; on a soin d'y mettre de l'huile.

Tous les engrenages sont en bois, et vont très-bien; les alluchons sont carrés, et un peu inclinés en arrière.

Les ailes Y sont fixées à l'extrémité et à l'extérieur du grand arbre, dans un plan qui lui est perpendiculaire, et suit par conséquent la même inclinaison que lui. Ces ailes ont 13 mètres 64 centimètres de long, sur 2 mètres 11 centimètres de large. Il n'y a de la toile que d'un côté, elle ne commence qu'à un mètre et demi ou deux mètres de l'axe. L'autre côté du bras porte une planche de 32 centimètres de largeur. La surface de l'aile est donc 13, 64, multiplié par 2, 11 ou 78,804 mètres carrés.

377. Ces mêmes ailes sont inclinées par rapport à la direction du vent, de 117 degrés pris à la distance moyenne de l'axe; à partir de ce point, cet angle augmente à mesure qu'on approche du centre, et il diminue en allant vers l'extrémité de l'aile, où il est presque droit; en sorte que les ailes forment des surfaces gauches. L'expérience a conduit les charpentiers hollandais à ce résultat.

378. Suivant le calcul de M. *Mollard*, en supposant la vitesse moyenne du vent de 9 mètres 74 centimètres par seconde, et la masse d'un pied cube d'air (0,034277) égale à 42 grammes 220 milligrammes (ou 795 grains), l'effort d'un vent ordinaire pour faire tourner les volans équivaut à un poids de 244 kilogrammes; si l'on applique cette force au centre de percussion des ailes, c'est-à-dire à l'extrémité d'un bras de levier de 8 mètres 44 centimèt., on a 6357 kilogrammes pour la force de rotation de la grande roue.

379. La Hollande et la Belgique, pays extrêmement plats, ont, sous ce rapport, singulièrement favorisé l'établissement des machines mues par le vent. Cette puissance si variable dans les mon-

tagnes, l'est infiniment moins dans la plaine ; aucun obstacle ne dérange la régularité de son cours ; son effet est presque constant. De là résulte un travail plus uniforme et plus avantageux.

Cette disposition du terrain est encore favorable sous un autre point de vue. On a pu pratiquer des canaux dans toutes les directions possibles. Par ce moyen, les arrivages sont aisés et peu dispendieux. Les moulins à planches sont ordinairement placés à portée de quelques-uns de ces canaux ou de quelque rivière. Les bords du Rhin depuis son entrée en Hollande jusqu'à sa disparition dans les sables, en sont couverts.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Moulins dont le corps de l'édifice est mobile.*  
Pl. XII, fig. 1 et 2.

380. Les figures 1 et 2 de la Planche XII représentent un des moulins des environs de Paris. Ce moulin est composé de deux parties, dont l'une fixe est en maçonnerie, l'autre est en bois entièrement mobile. La partie fixe A B a extérieurement la forme d'un cylindre terminé par un cône : un très-fort pivot vertical est placé au centre de cette partie ; il est supporté par quatre fortes poutres qui se croisent, et il est contre-buté par des jambes de force. C'est sur le pivot que repose la partie mobile C D E F, laquelle contient tout le mécanisme du moulin.

Le volant G G G G est construit de la même manière que celui de l'espèce précédente. Le levier L L sert à orienter le moulin.

La fig. 8 (Pl. XII,) représente un volant dont les ailes ont la forme d'un trapèze, forme que *Sméaton* affirme être la plus avantageuse.

GENRE DEUXIÈME. — Moulins à rotation verticale et à voiles triangulaires.

381. Ce genre de moulins ( Pl. XII, fig. 9 ) est connu sous le nom de *moulins à la portugaise*. Les voiles ne sont point assujetties dans des ailes à échelons comme dans le genre précédent, mais elles ont un de leurs côtés attaché à un rayon 1 du volant qui leur sert de vergue, et la pointe opposée de la voile est attachée à l'extrémité d'un autre rayon 2 plus éloigné, de manière que cette voile étant bien tendue, forme un plan triangulaire, incliné de 30 à 40 degrés avec le plan de rotation du volant. Cette disposition du volant présente de graves inconvénients : 1°. l'axe A B du volant ayant au dehors une saillie excessive, fatigue considérablement les points d'appui intérieurs, augmente le frottement, et tend à rompre l'axe au collet 4. 2°. La manœuvre des voiles exige une quantité de cordages et de poulies qui, devant être renouvelés fréquemment, rendent l'entretien de la machine très - coûteux. 3°. Les voiles ne pouvant jamais être parfaitement tendues, forment une surface courbe qui reçoit l'impression du vent d'une manière très-désavantageuse.

On voit plusieurs moulins de ce genre dans les environs de Lisbonne ; ils sont placés sur des tours en maçonnerie.

GENRE TROISIÈME. — Moulins à rotation horizontale.

382. L'expérience a démontré que les moulins verticaux reçoivent le choc du vent d'une manière bien plus avantageuse que ceux qui tournent horizontalement. Ce motif les a fait généralement préférer, quoiqu'ils aient l'inconvénient d'exiger l'action subsidiaire d'un ou de plusieurs hommes, pour être *orientés* à chaque mutation de vent, et que les volans horizontaux aient la propriété de s'orienter spontanément.

*De la composition des Machines.*

383. L'inconvénient indiqué devient très-léger toutes les fois que le travail de la machine mise en action par le vent est d'une telle nature qu'une surveillance continuelle lui soit nécessaire : dans ce cas le même homme qui dirige et surveille ce travail, oriente le volant lorsqu'il le faut, et sans surcroît de dépense. Mais s'il s'agit d'une machine dont l'action n'ait aucun besoin d'être dirigée, et qu'on puisse impunément abandonner à elle-même, alors l'inconvénient qu'ont les moulins verticaux devient plus grave, et peut, en bien des occasions, faire préférer les horizontaux.

384. Les moulins à vent destinés à élever l'eau pour les besoins de l'agriculture, réalisent spécialement cette dernière supposition. Dans ces moulins, la régularité de l'action n'est d'aucune importance; leurs qualités essentielles doivent être solidité, simplicité et économie d'entretien. C'est surtout à cette sorte de machines que sont applicables les moulins horizontaux.

385. On a imaginé plusieurs espèces de moulins horizontaux, mais trois seulement ont pu être employées avec quelque utilité; ce sont les moulins à ailes mobiles, les moulins à paravens fixes, et les moulins à paravent mobile.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Moulins à ailes mobiles.* Pl. XII, fig. 5, 6 et 7.

386. Ils sont connus vulgairement sous le nom de *moulins à la chinoise*; leurs ailes sont disposées de manière que chacune d'elles a un mouvement de rotation indépendant de celui du volant entier. Par ce mouvement, les ailes qui sont d'un côté de l'axe peuvent s'ouvrir et ne présenter aucune résistance au vent, tandis que celles du côté opposé reçoivent le choc sur toute leur surface. Les volans ainsi construits manquent de

solidité, se détraquent facilement, exigent de fréquentes réparations, et ont le défaut de produire, par l'ouverture et la fermeture des ailes, des chocs multipliés nuisibles au bon effet de la machine.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Ailes mobiles dans des châssis.* Pl. XII, fig. 7.

387. *a, b, c, d, e, f*, est une roue formée par six cadres ou châssis insérés dans l'arbre A. — 1, 2, 3, 4, 5, 6, sont les ailes mobiles qui sont placées dans leurs châssis respectifs, de manière à ce qu'ils soient partagés en deux parties inégales par l'axe de rotation ou pivot. La construction des châssis est telle, que les ailes peuvent s'ouvrir d'un seul côté, et de l'autre elles trouvent un rebord qui les arrête. Ainsi, quelle que soit la direction du vent, les ailes du côté M s'ouvriront en tournant, tandis que celles du côté N se fermeront.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Moulins à ailes mobiles verticales.* Pl. XII, fig. 5 et 6.

(a) 388. Cette construction a été proposée par M. Huguet de Mâcon. Au centre d'une tour ronde, et dont le toit est conique, est placé un arbre vertical A. Au-dessus du faîtage traversé par l'arbre, sont ajustés six bras ou grands leviers horizontaux B B insérés dans l'arbre, au sommet duquel est une forte frête en fer I, portant six anneaux auxquels tiennent les tringles en fer pour soutenir les bras comme ceux d'un jeu de bague. A chacun des bras est suspendu un châssis C D garni de toile, pour recevoir le vent et communiquer le mouvement à une meule ou à un autre organe mécanique quelconque. Ces châssis, suspendus un peu au-dessus du centre de gravité, se maintiennent dans une position verticale lorsque le vent frappe

(a) *Annales des arts et manufactures*, tome 24.

leur face antérieure, et prennent une position horizontale lorsque le vent frappe la partie postérieure. La fig. 10 montre la manière dont les châssis sont suspendus aux bras. — A, est le bras vu par le bout. — B, un cercle de fer portant un œil C, dans lequel tourne un tourillon. Si le vent souffle de T en S, la partie supérieure D du châssis s'appuie contre le bras, et le châssis reste dans la position verticale *nn*; il reçoit alors toute l'action du vent. Si, au contraire, le vent souffle de S en T, le châssis cède et prend la position horizontale ou presque horizontale *oo*.

Or, dans la disposition de ces châssis, la moitié recevra le vent par-devant et l'autre moitié par-derrrière; donc, quelque vent qu'il fasse, la machine tournera toujours du même côté.

Les tringles L supporteront un léger cône en fer-blanc, afin que la pluie ne puisse entrer par le trou que traverse l'arbre A.

389. Dans les temps orageux, le meunier arrêtera chaque châssis dans la situation horizontale. Il pourrait même retirer les toiles le plus près possible de l'arbre en les disposant avec des anneaux et des cordons, comme on le fait aux rideaux des fenêtres. Les boulets G G servent à établir l'équilibre entre le haut et le bas du châssis. On peut donner telle longueur que l'on voudra aux bras suivant les besoins.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Moulins à paravens fixes.*

390. Ces moulins, appelés *moulins à la polonaise*, sont environnés d'un certain nombre de paravens fixes ou cloisons, qui ne sont placés ni perpendiculairement aux ailes, ni suivant la même direction, mais qui font un certain angle, et sont disposés de manière à intercepter le vent d'un côté de l'axe du volant, et à lui laisser un passage de l'autre. Ces paravens, qui occupent un grand emplacement et augmentent singulièrement les frais

de construction, ont en outre l'inconvénient de présenter au vent des issues qui ne sont pas assez libres, de sorte que, engouffré entre les ailes et les paravents, il en est réfléchi en divers sens, réagit contre le volant et nuit à son mouvement.

391. Deux variétés de cette espèce de moulins sont décrites dans le recueil des machines approuvées par l'académie. La première, imaginée par M. *Duquet*, se trouve dans le tome I, page 107. La seconde, modifiée par M. *Gallon*, se trouve dans le tome VI, page 75.

TROISIÈME ESPÈCE. — *Moulins à paravent mobile.*

392. Le mécanisme des moulins à paravent mobile offre plus de solidité que celui des moulins à la chinoise; il est plus avantageux que celui des moulins à la polonaise, et en même temps il est plus simple et moins coûteux que chacun d'eux.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Moulin de Couplet.*

393. Je ne décrirai point ce moulin qui se trouve dans le *recueil des machines approuvées par l'Académie*, tome I, page 105, et qui a deux défauts notables. Il ne s'oriente pas de lui-même, comme les autres moulins horizontaux, et il n'a point de toit, de manière que les vents obliques plongent au-delà du paravent et le rendent en partie inutile.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Moulin à girouette.* Pl. XII, fig. 11 et 12.

394. Le volant de ce moulin, que j'ai imaginé, et que je crois préférable aux divers moulins horizontaux connus, est composé de six ailes *a b c d e f* comme celui des moulins à la polonaise. Placé au-dessus d'une plate-forme circulaire, il est recouvert d'un toit conique *m m* soutenu par six barres de fer *p p p p p p*. Dans la plate-forme et dans la partie inférieure du toit sont

creusées deux rainures circulaires exactement parallèles ; entre ces rainures est placé un châssis très-léger couvert de toile, et qui a la forme du quart de la surface convexe d'un cylindre. Ce châssis *x x x* est garni de roulettes pour faciliter son mouvement, et il communique au moyen d'une tige de fer *γ γ* avec une grande girouette *A*, placée au sommet du toit conique ; la tige suit l'inclinaison de ce toit, et elle est boulonnée sur le châssis. Les barres de fer qui soutiennent le toit, doivent être placées en dedans des rainures pour ne pas empêcher le libre mouvement du châssis ou paravent.

395. On conçoit aisément que le paravent couvrira les ailes qui sont d'un côté de l'axe, et laissera les autres à découvert. On conçoit aussi qu'à chaque changement de vent, la girouette obligée de tourner, entraînera le paravent et orientera le moulin.

396. Le vent, après avoir agi sur le volant, trouvera une issue entièrement libre, et aucun obstacle ne le réfléchira ni arrêtera son cours.

GENRE QUATRIÈME. — Moulins à mouvement alternatif. Pl. XII, fig. 13.

397. Un secteur *a a*, surmonté d'une voile *b b*, et formant un système dont le centre de gravité se trouve très-au-dessous de celui d'oscillation, se balance continuellement au moyen d'un contre-poids, quand le vent frappe la voile, et produit un mouvement alternatif circulaire. Ce genre de moulin souvent proposé n'a pas encore été employé avec succès.

398. les personnes qui désirent connaître d'une manière plus circonstanciée les divers moulins à vent, doivent consulter spécialement les ouvrages suivans :

*Dessins artificieux de toutes sortes de moulins à vent, etc.,*  
par Jean Strada de Rosberg, publiés par Octave Strada.  
Francfort, 1617 et 1629. in-fol.

*Description de l'art de construire les moulins, par Beyer, augmentée par Weinhold. Dresde, 1788. in-fol.*

Schapp, *Théâtre des moulins*, partie mécanique, première partie, avec cinq supplémens. Francfort, 1766. in-4°.

*L'Art de la charpenterie dans l'Encyclopédie méthodique.*

*La Collection des machines approuvées par l'Académie. t. 1, 6 et 7.*

*Les Annales des arts et manufactures, n°. 20, 41, etc.*

*Descriptions des machines présentées à la Société d'encouragement de Londres, par Alexandre Mabyn Bailey.*

## CHAPITRE V.

### *Des Moteurs dépendans et des moteurs proposés.*

399. J'AI réuni dans ce chapitre deux sortes de moteurs. Je nomme les uns *moteurs dépendans*, parce que effectivement ils dépendent entièrement d'un autre agent qui leur communique la faculté motrice qu'ils n'ont pas par eux-mêmes; et j'appelle les autres *moteurs proposés*, parce qu'ils n'ont pas encore été adoptés ou ne l'ont été qu'un petit nombre de fois. J'ai également donné le nom de *récepteurs dépendans* et de *récepteurs proposés* aux organes qui en reçoivent l'action, que j'ai distribués en deux genres.

GENRE PREMIER. — Récepteurs dépendans.

400. Il existe deux espèces de récepteurs dépendans, les poids et les ressorts. Les poids agissent en vertu de la force de

gravité lorsqu'ils peuvent librement descendre, et les ressorts en vertu de l'élasticité qu'ils acquièrent étant d'abord comprimés et tendus, et ensuite abandonnés à eux-mêmes. Les poids ne peuvent opérer si un autre moteur ne les élève primitivement; la durée de leur action est limitée par la distance entre le point d'élévation et le plan qui est au-dessous; l'action des poids moteurs doit être regardée comme uniforme, quelle que soit la distance qu'ils ont à parcourir, car leur mouvement est ordinairement trop lent pour qu'ils puissent éprouver une accélération sensible.

Il n'en est pas de même des ressorts, leur vigueur diminue à mesure qu'ils se détendent.

401. Les poids et les ressorts considérés comme moteurs, servent à trois usages principaux: 1°. à produire un mouvement continu; 2°. à réagir pour compléter les oscillations dans les mouvemens alternatifs; 3°. à comprimer. Les ressorts ont un autre emploi extrêmement utile, celui d'amortir les chocs violens et les contre-coups.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Des poids.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Poids employés pour produire un mouvement continu.*

402. APPLIC. L'uniformité de leur action les a fait préférer aux ressorts dans les horloges astronomiques à pendule qui exigent la plus grande précision.

403. On fait un grand usage des poids pour mettre en mouvement les diverses machines théâtrales, et pour opérer avec célérité et exactitude les changemens à vue. Les poids dont on se sert dans les théâtres, ont ordinairement la forme indiquée (Pl. XIII; fig. 1). *aa* est une tige de fer terminée dans la partie inférieure par un petit plateau *b*, et dans la partie supérieure par une anse boulonnée *c*. Plusieurs cylindres 1, 2, 3, 4, 5, su-

perposés les uns aux autres ont une fente  $m m m$ , au moyen de laquelle on peut les ôter et les remettre avec facilité, et rendre ainsi le poids plus ou moins fort suivant le besoin.

404. Les figures 2, 3, 4 (Pl. XIII), représentent trois exemples de l'usage que l'on fait de ces sortes de poids. On voit (fig. 2) de quelle manière on élève les rideaux, les toiles du fond et les toiles des voûtes, plafonds et nuages. —  $a$  est le poids, —  $b$ , le moulinet mu par des hommes, au moyen duquel on monte le poids; —  $A A$ , la toile à élever. —  $B b$  le cylindre ou tambour formé de deux parties concentriques  $B$  et  $b$ ; les cordes 1, 2, 3, 4, 5, etc., qui soutiennent la toile, s'enroulent sur la partie  $b$ ; et une grosse corde  $m m$  s'enveloppe sur l'autre partie  $B$ , passe sur la poulie  $p$  et aboutit au poids à l'anse duquel elle est attachée. On conçoit facilement que, si le poids est abandonné à lui-même, il fera tourner le cylindre  $B b$ ; les cordes 1, 2, 3, etc., s'envelopperont sur  $b$ , et le rideau s'élèvera avec célérité. Une autre corde  $l l l$  part du même tambour  $B b$ , et passe sur les poulies  $r r r$ . Cette corde, qui s'appelle la *retenue*, sert effectivement à retenir le rideau lorsqu'il est élevé, et à modérer sa chute lorsqu'on l'abaisse. On lie la retenue à l'arrêt  $x$ .

405. La figure 4 indique la manière de faire avancer les coulisses. On sait que les coulisses  $A A$  sont composées d'un châssis placé sur un petit chariot  $m m$ . — La ligne  $a a$  indique le plancher de la scène, la ligne  $n n$  indique un autre plancher inférieur sur lequel se meuvent les chariots  $m m$ . —  $p$  est le poids; —  $l l l$  la corde du poids qui passe sur la poulie  $g$ , et s'enveloppe sur le tambour  $B b$ ; sur la partie  $b$  de ce tambour s'enveloppent en même temps les deux cordes  $x x$  et  $y y$ . Ces cordes passent sur les poulies 3 et 4, et sont attachées aux chariots  $m m$ , qu'elles entraînent lorsque le poids descend. —  $r r$ , retenue qu'on lie à l'arrêt  $f$ .

*De la composition des Machines.*

406. La figure 3 représente la manière d'exécuter un vol oblique. L'acteur, que l'on veut enlever, est attaché par des crochets à la barre  $aa$ , qui est soutenue par deux cordes 1, 2, qui passent sur les poulies 3 et 4 adaptées à un chariot mobile  $b$ ; l'extrémité des cordes 1 et 2 est attachée à un point fixe  $c$ . Le chariot  $b$  est suspendu sur une corde horizontale  $xx$ , le long de laquelle il peut se mouvoir librement. Une autre corde également horizontale  $yy$  est attachée d'un côté au chariot  $b$ , et de l'autre côté au poids  $p$ ; le moulinet  $f$  sert à monter le poids, lequel en descendant, entraîne le chariot  $b$  qui parcourt le chemin tracé par la corde  $xx$ ; en même temps les cordes 1 et 2 en s'allongeant et en se raccourcissant, font décrire à la barre  $aa$  la trace indiquée par la courbe  $zz$ .

407. Toutes les autres sortes de vols directs, obliques, sinueux, toutes les descentes de gloire, de chariots aériens, le mouvement des vaisseaux qui traversent la scène, etc., sont produits par des moyens analogues à ceux que nous venons de décrire brièvement, et que nous nous réservons de détailler amplement dans le *Traité spécial des automates et des machines théâtrales*, faisant partie de cet ouvrage.

408. On trouve dans quelques anciens recueils de machines, et spécialement dans celui de *Ramelli*, des applications de poids moteurs à des moulins et autres grandes machines; mais il paraît qu'elles n'ont jamais été mises en usage.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Poids réacteurs.*

409. APPLIC. Il existe un très-grand nombre de machines dans lesquelles on se sert de poids pour réagir sur certaines parties et les ramener à leur situation primitive, lorsqu'elles ont été déplacées. L'énumération de ces machines serait superflue;

il nous suffira de dire que c'est surtout dans les métiers à tisser les étoffes façonnées qu'on s'en sert très-utilement, comme nous le verrons bientôt dans le livre second.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Des ressorts.*

410. Un bon ressort doit unir la flexibilité à l'élasticité. Plusieurs matières sont aptes à devenir ressort. On emploie le plus communément les bois pour les ressorts des grandes machines, tels, par exemple, que ceux des *ordons*, et l'acier pour les petites machines.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Ressorts moteurs.* Pl. XXVI, fig. 30 et 31.

411. Les ressorts moteurs sont formés par une lame d'acier repliée plusieurs fois en spirale sur elle-même et renfermée dans une caisse cylindrique appelé *barilet*. Une des extrémités de la lame est attachée à un axe vertical qui traverse le barilet, et l'autre extrémité est fixée à un point de la surface concave du barilet. On conçoit aisément qu'en faisant tourner ce barilet dans un sens, le ressort se bandera, c'est-à-dire, les spires seront obligées de se serrer et de se rapprocher d'autant plus les unes des autres que l'on aura fait tourner plus long-temps le barilet. Si ensuite on l'abandonne à lui-même, la réaction du ressort qui tend vivement à reprendre son premier état, l'obligera à tourner en sens contraire, et à entraîner même dans ce mouvement les résistances qui pourraient s'y opposer, si elles sont moins vigoureuses que ne l'est la force élastique du ressort. Ce moteur est essentiellement variable, mais on a trouvé le moyen de rendre son mouvement régulier en employant la *fusée*, comme nous l'indiquerons dans le chapitre cinquième.

412. APPLIC. L'usage des ressorts moteurs est limité presque exclusivement aux horloges, aux automates et aux tourne-

broches. On a construit quelques voitures qui étaient mues par des ressorts moteurs ; mais elles ne furent employées que comme objets de pure curiosité.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Ressorts réacteurs.*

413. Les ressorts réacteurs servent ou à compléter les oscillations dans les mouvemens alternatifs, ou à comprimer. Les poids produisent les mêmes effets, mais dans la plupart des machines, on préfère les ressorts qui sont moins volumineux et bien moins embarrassans.

414. Les ressorts réacteurs sont formés, ou par un arc ( Pl. XIII, fig. 6 ) que l'on tend en tirant la corde soutendue, ou par une volute ( fig. 7 ), ou par un hélice ( fig. 8 ) : on appelle cette sorte de ressorts, *ressorts à boudin* ; ou enfin par une branche repliée de différentes manières, arrêtée à une de ses extrémités et libre à l'autre. On en voit un exemple ( fig. 3 ) dans lequel *a b* représente un ressort qui comprime la *gachette c*, et l'oblige à arrêter fixement la roue à rochet *d*.

APPLIC. Avant l'invention de la poudre à canon, toutes les machines qui servaient à lancer des projectiles, étaient mises en action par des ressorts réacteurs.

Ils sont maintenant employés dans un grand nombre de machines, et surtout dans les diverses espèces de *tours*. Nous verrons, dans les second et troisième livres plusieurs exemples de l'emploi des ressorts réacteurs.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Ressorts à suspension.*

415. Les ressorts à suspension appliqués aux voitures sont de la plus grande utilité pour amortir les secousses violentes et multipliées produites par les aspérités dont les routes sont recouvertes.

416. Les fig. 9, 10, 11, et 12 (Pl. XIII), représentent plusieurs sortes de ressorts à suspension, qui, comme on le voit, sont composés de plusieurs lames superposées, dont la longueur diminue graduellement.

GENRE DEUXIÈME. — Récepteurs proposés.

417. Ces sortes de récepteurs qui n'ont pas encore été adoptés, méritent néanmoins d'être connus, d'abord parce que la plupart sont très-ingénieusement inventés, et parce qu'ils peuvent présenter des moyens susceptibles de devenir utiles en se perfectionnant.

418. Nous décrirons six espèces de *récepteurs proposés*, savoir : la roue à poids de mercure, les tringles mobiles par la dilatation et la condensation, la machine à feu de M. *Cogniard-Latour*, la machine à miroirs ardents, la machine de M. *Henry*, mue par la poudre à canon, et le pyrèolophore de MM. *Niepce*.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Roue mue par le poids du mercure*. Planche XIII  
fig. 24.

(a) Extrait du rapport des commissaires de l'Académie.

419. M. *de Sarrebourg* de Nanci a proposé un moyen pour faire mouvoir une roue par le poids du mercure. La roue que l'auteur se propose de faire mouvoir est une espèce de tambour, sur la circonférence duquel un seul tuyau décrit une courbe à double courbure, semblable au pas d'une vis : une des extrémités de ce tuyau est fermé par un bouchon très-exact ; l'autre est ouverte et recourbée en dedans de la roue, presque jusqu'à

---

(a) Machines approuvées par l'Académie, tome 7.

son axe. On verse du vif-argent dans le tuyau par l'ouverture qui a le bouchon, et ensuite on le ferme exactement.

420. Il suit de cette construction que le tuyau dont nous venons de parler devient un véritable baromètre, où le mercure reste suspendu par l'action du poids de l'air, et que de plus cette colonne de mercure est absolument portée d'un côté de la roue ; par conséquent ce côté doit l'emporter sur l'autre, et la roue tournera en sorte que toutes les circonvolutions du tuyau qui l'enveloppe, deviendront successivement le tuyau du baromètre, jusqu'à ce que le mercure soit arrivé à la dernière. Alors la machine s'arrêtera, et pour la remonter, il faudra faire tourner la roue en sens contraire : on obligera par ce moyen le mercure à retourner à l'autre bout du tuyau ; mais aussi, dans cette opération, on aura à vaincre le poids de la colonne de mercure.

421. Ce moyen de faire mouvoir une roue nous a paru nouveau et ingénieux : nous ne pouvons pourtant dissimuler que, par cette mécanique, on ne gagne rien du côté de la force, le mercure n'agit que comme tout autre poids égal, attaché à une corde qui ferait autour de ce tambour le même nombre de circonvolutions que le tuyau ; il sera d'ailleurs difficile de construire un tuyau de cette espèce, qui n'admette point d'air et ne laisse pas échapper de mercure ; cependant il pourrait se trouver des occasions où on placerait le nouveau moteur avec plus de facilité et d'avantage que ceux que l'on connaît déjà ; ce sera un moyen de plus de produire du mouvement dont on trouvera peut-être un jour quelque application utile.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Mouvement d'oscillation résultant d'un appareil de tringles plongé alternativement dans l'eau chaude et dans l'eau froide (a).*

422. Il a été construit en 1809, au Conservatoire des arts et métiers, d'après les décisions du ministre de l'intérieur, un appareil de la composition de M. *Bonnemain*, où la dilatation et la contraction d'un faisceau de tringles métalliques, produites par la présence alternative de l'eau chaude et de l'eau froide, impriment un mouvement d'oscillation à un levier; cette machine est combinée de manière qu'au moyen de deux réservoirs d'eau qui se communiquent, et dont un seulement est échauffé, l'eau chaude et l'eau froide se succèdent rapidement dans un cylindre qui établit la communication entre les deux réservoirs, et qui renferme le faisceau de tringles métalliques.

Ce moyen d'établir une circulation alternative d'eau chaude et d'eau froide dans la même capacité, par la seule action du feu, est très-ingénieux, et pourra peut-être trouver quelques applications utiles.

TROISIÈME ESPÈCE. — *Machine à feu de M. Cogniard Latour.*

423. Voici l'extrait d'un rapport fait à l'Institut sur cette machine, par MM. *de Prony, Charles, Mongolfier et Carnot.*

« Le moteur dans cette machine, n'est point la vapeur de l'eau bouillante, comme dans les machines à feu ordinaires, mais un volume d'air qui, porté froid au fond d'une cuve remplie d'eau chaude, s'y dilate, et qui, par l'effort qu'il fait alors pour se reporter à sa surface, agit à la manière des poids, mais de bas en haut. Il est facile de voir que ce moteur une fois

(a) *Annales des arts et manufactures*, tome 33.

trouvé , on peut l'employer de bien des manières différentes : voici celle qui a été imaginée par M. *Cogniard*. »

424. Sa machine est , à proprement parler , composée de deux autres , qui ont des fonctions tout-à-fait distinctes. La première est destinée à emmener au fond de la cuve d'eau chaude le volume d'air froid dont il a besoin. La seconde a pour objet d'appliquer à l'effet qu'on veut produire , l'effort que cet air , une fois dilaté par la force expansive de la chaleur , fait pour se reporter à la surface supérieure du fluide.

425. Pour remplir le premier objet , qui est d'amener l'air au fond de la cuve , l'auteur emploie une vis d'Archimède. Si une pareille vis fait monter un fluide quand on la fait tourner dans tel ou tel sens , il est évident qu'elle devra le faire descendre si on la tourne en sens contraire ; si donc elle est plongée dans l'eau , de manière que la seule partie supérieure de son filet spiral reste dans l'air , elle devra , lorsqu'on la tournera en sens contraire , faire descendre au fond de cette masse d'eau l'air qu'elle saisit à sa partie supérieure à chaque tour de sa rotation.

426. Voilà ce qui a lieu , en effet , dans la nouvelle machine. L'air dont on a besoin est d'abord porté au fond du réservoir d'eau froide où est plongée la vis ; de là il est conduit par un tuyau au fond de la cuve d'eau chaude ; la chaleur de cette eau le dilate aussitôt , et crée ainsi la nouvelle force qui doit servir de moteur ; ainsi se trouve rempli le premier objet du mécanisme proposé.

427. Le second objet est d'appliquer ce nouveau moteur à l'effet qu'on veut produire ; pour cela , l'auteur emploie une roue a augets , entièrement plongée dans la cuve d'eau chaude. L'air dilaté est rassemblé au fond de cette cuve , trouve une issue

qui lui est ménagée pour le diriger sous ceux des augets dont l'ouverture est tournée en bas : alors sa force ascensionnelle chasse l'eau de ces augets, et le côté de la roue où ils se trouvent devenant plus léger que l'autre côté où les augets restent pleins, la roue tourne continuellement comme les roues à pots ordinaires.

428. Cette roue, une fois en mouvement, peut transmettre à d'autres mobiles quelconques, soit par engrenage, soit par d'autres moyens l'action du moteur. Dans la nouvelle machine, l'effet produit consiste à élever, au moyen d'une corde attachée à l'axe de la roue, un poids de 15 livres, avec la vitesse uniforme verticale d'un pouce par seconde, tandis que la force mouvante appliquée à la vis est seulement de trois livres avec la même vitesse. L'effet de la chaleur est donc de quintupler l'effet naturel de la force mouvante.

429. On conçoit que l'effet de la force mouvante étant quintuplé, on peut prélever sur cet effet même de quoi suppléer à cette force mouvante, et qu'il restera encore une force disponible quadruple de cette même force mouvante. *M. Cagniard* établit par un point brisé la communication entre l'axe de la roue et celui de la vis. Celle-ci tourne alors comme si elle était mue par un agent extérieur, et consomme par ce mouvement un cinquième de l'action du moteur. Le reste sert à élever un poids de 12 livres avec la vitesse constante d'un pouce par seconde; c'est-à-dire, que la machine se remonte continuellement d'elle-même, et que de plus il reste une force disponible quadruple de celle que devrait employer un agent extérieur qui aurait à entretenir par lui-même le mouvement de cette machine.

430. Il résulte de cet exposé, que la chaleur quintuple

au moins le volume de l'air qui lui est confié, puisqu'il est évident que l'effet produit, doit être proportionnel au volume de cet air dilaté, au moins à cause des frottemens qu'il faut vaincre; mais ces frottemens sont peu de chose, parce que la vis et la roue étant l'une et l'autre plongées dans l'eau, perdent une partie considérable de leur poids, et pressent conséquemment peu sur leurs tourillons. D'ailleurs les mouvemens sont toujours lents et non alternatifs, et il ne se fait aucun choc; ainsi la machine est exempte des résistances qui absorbent ordinairement une grande partie de la force mouvante dans les machines, et en accélèrent la destruction.

431. Cette machine peut devenir fort utile dans un grand nombre de circonstances: comme elle produit son effet dans une masse d'eau échauffée seulement à 75 degrés, et même moins, elle donne lieu de profiter des eaux chaudes que dans plusieurs manufactures ou établissemens on rejette souvent comme inutiles. Par exemple, dans les salines, l'ébullition des eaux salées pourrait servir, au moyen de la machine de M. *Cagniard*, à faire mouvoir les pompes destinées au service des chaudières. Dans les forges, la chaleur seule du haut fourneau pourrait faire mouvoir les soufflets; dans les pompes à feu ordinaires qui, comme celle de *Chaillot*, fournissent une grande quantité d'eau très-chaude, on pourrait en tirer une action équivalente à celle de beaucoup d'hommes ou de chevaux. Enfin, dans les bains, les distilleries, les fours à porcelaine, les fours à chaux, les verreries, les fonderies, et tous établissemens où il y a production d'eau chaude ou de chaleur, on peut tirer parti de cette machine. Outre qu'elle est fort peu sujette aux frottemens et aux réparations, elle a l'avantage d'être facile à conduire; et lorsqu'on suspend son action pour quelque temps sans éteindre le feu, la chaleur n'est point perdue, parce que l'eau n'étant pas

bouillante , le calorique s'y accumule , et fournit ensuite une action plus considérable.

432. La vis d'Archimède employée dans cette machine , y produit l'effet d'un véritable soufflet qui pourrait s'employer comme tel dans les forges ; on doit même le considérer peut-être comme le meilleur de ceux qui sont connus , tant par la simplicité , la solidité et son effet constant , que par l'économie des forces qu'on trouverait dans son usage , comparativement aux autres machines destinées au même objet ; car la vis devient très-légère et très-mobile par son immersion dans l'eau , en sorte que le frottement des pivots est presque nul.

433. L'auteur a aussi appliqué à une masse de mercure le jeu de cette vis. Comme il faut pour son mécanisme deux fluides d'inégales densités , il a , en conservant la construction expliquée ci-dessus , simplement substitué le mercure à l'eau et l'eau à l'air. Il en résulte une machine hydraulique fort simple , qui , sans soupape , sans étranglement , sans l'action du feu , et étant mise en mouvement par un agent extérieur , comme un homme ou un courant , donne un écoulement continu d'eau à une hauteur quatorze fois plus grande que la colonne de mercure où la vis est plongée. Il augmente même cette hauteur à volonté , sans changer celle du mercure , en combinant l'action de trois fluides , le mercure , l'eau et l'air. Pour cela , au lieu d'élever une colonne qui soit seulement d'eau , il en forme une plus légère par un mélange d'eau et d'air : ce mélange s'opère de lui-même , dans la proportion que l'on veut obtenir , par la seule disposition de la partie inférieure du tuyau qui contient cette colonne , en laissant cette ouverture en partie dans l'eau , et en partie dans l'air , suivant qu'on veut avoir plus de l'un de ces fluides que de l'autre , et par conséquent faire parvenir le mélange à une hauteur plus ou moins grande. On conçoit ce-

pendant que l'effet de la force mouvante ne change pas pour cela; mais que, lorsqu'on veut élever l'eau à une plus grande hauteur, la machine en donne dans la même proportion une moindre quantité. Cet effet est analogue à celui de la pompe de Séville.

434. La machine de M. *Cagniard* a paru aux commissaires de l'institut renfermer plusieurs idées nouvelles et intéressantes, et son application dirigée par une bonne théorie et par la connaissance approfondie des véritables lois de la physique. Ils ont pensé qu'elle pouvait être utile, dans nombre de circonstances, à la pratique des arts, et qu'elle méritait l'approbation de la classe des sciences physiques et mathématiques.

QUATRIÈME ESPÈCE. — *Machine à miroirs ardents.*

435. M. *Galand* a proposé d'échauffer la chaudière d'une machine à vapeur par un système de miroirs ardents. Quelques curieuses que puissent être les recherches de ce genre, dit M. *de Prony* dans un rapport à la société d'encouragement, il paraît que les appareils qui les concernent ne doivent encore avoir place que dans les cabinets de physique.

CINQUIÈME ESPÈCE. — *Poudre à canon employée comme moteur de machines (a).*

436. M. *Henri* a imaginé une machine propre à enfoncer les pieux par l'effet de la poudre. C'est une espèce de sonnette à dé clic. Le mouton est composé d'un bloc creux comme une pièce d'artillerie, dans lequel on met une charge de poudre.

Des hommes l'élèvent à l'aide d'un treuil; un tampon de fer, fixé à la partie supérieure de la machine, remplit le creux du mouton et s'appuie sur la poudre; un arrêt tient le mouton élevé.

---

(a) *Annales des arts et manufactures*, tome 37.

437. Lorsqu'on met le feu, l'explosion de la poudre soulève un piston placé dans un petit tube particulier, ce piston dégage l'arrêt; la poudre trouvant un appui sur le tampon fixé, donne au mouton une vitesse initiale qui s'accélère par la chute et le pieu est frappé avec une grande force.

Les expériences en petit ont assez bien réussi; mais il paraît que des essais plus en grand seraient sujets à plusieurs inconvéniens, et notamment à celui de briser ou de déformer les pieux par la trop grande violence du coup.

La machine de M. *Henri* pourrait cependant avoir peut-être quelques applications utiles. Par exemple, dans les fonderies, elle serait susceptible d'être employée pour briser les pièces de rebut.

SIXIÈME ESPÈCE. — *Pyréolophore de MM. Niepce.*

Rapport fait à l'Institut, par MM. *Berthollet* et *Carnot*.

438. C'est toujours une chose précieuse que la découverte d'un nouveau principe moteur dans la nature, lorsqu'on peut parvenir à en régulariser les effets, et les faire servir à ménager l'action des hommes et des animaux.

439. Les anciens ne connaissaient que peu de ces principes moteurs, ou du moins ils n'employaient guère comme forces mouvantes que les êtres vivans dont nous venons de parler, les chutes et courans d'eau, et enfin l'action du vent. Ces forces étant toutes trouvées et développées par la nature elle-même, il ne fallait, pour les appliquer aux besoins ordinaires, que la connaissance expérimentale des effets du levier ou autres engins qui s'y rapportent. La théorie vint ensuite qui porta la précision du calcul dans l'évaluation de ces effets, et garantit des écarts de l'imagination.

440. Mais ces assemblages de leviers ne sont par eux-mêmes que des masses inertes, propres seulement à transmettre et à modifier l'action de la force mouvante, sans pouvoir jamais l'augmenter; c'est toujours le principe moteur qui fait tout.

441. Les modernes ont découvert plusieurs principes moteurs, ou plutôt il les ont créés : car, quoique leurs élémens soient nécessairement préexistans dans la nature, leur dissémination les rend nuls sous ce rapport, et ils n'acquièrent la qualité de force mouvante que par les moyens artificiels; tels sont les poudres fulminantes, et particulièrement la poudre à canon; telle est la force expansive de l'eau réduite en vapeur; telle est la force ascensionnelle qui lance l'aréostat dans les airs par la légèreté relative du gaz hydrogène qu'il contient. Ce n'est pas que la nature n'offrît sans cesse des exemples de l'effet prodigieux de ces forces, dans l'élévation des nuages, dans l'explosion des météores, dans l'éruption des volcans; mais tant que leur action est spontanée, qu'on ne peut la régulariser, il y a plus souvent lieu de les regarder comme des fléaux, que comme des agens mécaniques applicables aux besoins de la société.

442. C'est la recherche d'un semblable agent qui fait l'objet du mémoire dont nous avons à rendre compte; les auteurs, MM. *Niepce*, ont cru l'apercevoir dans la propriété qu'a le calorique de dilater promptement l'air atmosphérique, et leurs premiers essais annoncent déjà des résultats importans. Quoique cette propriété fût bien connue, il ne paraît pas qu'on eût jamais pensé, ou du moins qu'on eût jamais réussi à l'employer comme force mouvante. MM. *Niepce*, par son moyen et sans aucune intervention de l'eau en nature, sont parvenus à occasioner, dans un espace déterminé, des commotions si fortes, que les effets paraissent en être comparables à ceux de la machine à vapeur ou pompe à feu ordinaire.

443. Pour se faire une idée de l'appareil employé par MM. *Niepce*, il faut concevoir un récipient de cuivre bien clos de tous côtés; alors, si on trouve moyen de porter tout à coup au centre de ce récipient une flamme très-vive, la chaleur dilatera subitement la masse d'air contenue, les parois intérieures éprouveront, du dedans au dehors, une forte pression; et si l'on fait à ces parois une ouverture à laquelle on adapte un piston de même grandeur, le piston sera repoussé, et se trouvera capable de soulever une colonne d'eau, ou un autre poids quelconque proportionné à la dilatation de l'air du récipient.

444. Qu'après cela, en supposant la flamme éteinte, on renouvelle cette masse d'air pour remettre les choses dans leur premier état, le piston reviendra à sa place; et si l'on porte de nouveau au centre du récipient une flamme semblable à la première, le jeu de la machine recommencera et aura lieu ainsi autant de fois qu'on recommencera la même manœuvre.

445. Pour concevoir comment s'opère ce jeu alternatif dans l'appareil de MM. *Niepce*, qu'on se figure le récipient dont nous avons parlé ci-dessus, posé et fortement attaché à une table horizontale; qu'ensuite, ayant fait une petite ouverture à sa paroi, on soude à cette ouverture un tube qui reçoive à son autre extrémité la tuyère d'un soufflet, de manière qu'en pressant ce soufflet on en chasse à volonté une masse d'air dans l'intérieur du récipient; qu'enfin, sur la longueur de ce tube comprise entre la tuyère et le récipient, on pratique deux petites ouvertures, l'une plus proche de la tuyère pour recevoir une matière extrêmement combustible pulvérisée, l'autre plus proche du récipient pour recevoir la flamme d'une petite lampe ou d'une mèche; alors, si l'on ferme ces petites ouvertures par des soupapes, de manière qu'il n'y ait aucune communication entre l'air extérieur et l'intérieur de l'appareil, et qu'on presse le

soufflet, il est évident que l'air qui en sera chassé avec force, emportera le combustible qui a été placé sur son chemin, et le lancera dans le récipient à travers la flamme placée à la seconde ouverture du tube; en passant par cette flamme, le combustible s'allumera, il arrivera sous le récipient dans cet état d'ignition, y sera disséminé par le mouvement qui lui a été imprimé, dilatera subitement et simultanément toutes les parties de l'air atmosphérique comprises dans la capacité du récipient, et produira l'explosion dont nous avons parlé.

446. C'est à cela, en effet, que se réduit le mécanisme imaginé par MM. *Niepcé*; c'est l'explosion elle-même qui remonte à chaque battement de la machine, c'est-à-dire qui la ramène à sa première position, mesure la charge du combustible pour le coup qui doit suivre, arme le soufflet, fait entrer la flamme dans le tube, ferme les soupapes et lâche les détentes. Quoique le détail de tout ce qu'ont imaginé les auteurs pour remplir ces différens objets soit très-intéressant, il est inutile pour l'intelligence du principe. Comme d'ailleurs l'appareil de MM. *Niepcé* n'est qu'un essai qu'ils espèrent perfectionner, nous nous bornerons à quelques remarques sur les principaux points de ce mécanisme, en observant que les auteurs l'ont eux-mêmes réduit à ses plus simples termes dans une espèce d'éprouvette où l'opération des mains supplée aux détails dont nous avons fait ci-dessus mention, en laissant subsister en entier l'action de la force mouvante.

447. La plus grande difficulté est de renouveler l'air à chaque pulsation. Pour remplir cet objet, les auteurs y ménagent un grand nombre d'ouvertures à soupapes pour laisser aller l'air échauffé aussitôt que le battement est fait, et ils l'expulsent au moyen d'un diaphragme qui se meut par le jeu même de la machine, et qui, en parcourant le récipient dans toute sa longueur,

chasse l'air vicié pour donner accès à une nouvelle partie d'air atmosphérique.

448. Si l'air de l'intérieur du récipient n'était aussi soigneusement renouvelé à chaque pulsation, l'opération ne réussirait pas ; il faut, pour son succès, que l'oxigène s'y trouve en quantité suffisante, afin que la flamme, en arrivant dans le récipient, atteigne en un instant toutes les parties de cet oxigène disséminé, et dilate, en le consumant, les parties adjacentes des gaz non respirables qui se trouvent mêlés avec lui : c'est par là qu'une raréfaction si prompte a lieu, et ce qui fait que la machine cesse d'aller lorsque l'air vital de la chambre est presque tout absorbé, ou que l'air ambiant se trouve altéré par la respiration d'un très-grand nombre de personnes autour de l'appareil. Nous l'avons vu cesser ses battemens et les reprendre avec force d'elle même, dès le moment qu'en ouvrant une fenêtre et une porte opposée on rétablissait un nouveau courant d'air atmosphérique ; la machine était pour ainsi dire asphyxiée par le gaz méphitique et ranimée par l'air pur.

Le combustible employé ordinairement par MM. *Niepce* est le lycopode, comme étant de la combustion la plus vive et la plus facile ; mais comme cette matière est coûteuse, ils la remplaceraient en grand par la houille pulvérisée, et mélangée au besoin avec une très-petite portion de résine, ce qui réussit très-bien, ainsi que nous nous en sommes assurés par plusieurs expériences faites avec l'éprouvette dont nous avons parlé.

449. Indépendamment de l'azote qui se trouve mêlé à l'oxigène avant l'explosion, il doit se développer, par la combustion, une certaine quantité de gaz acide carbonique et d'hydrogène ; celui-ci doit donner lieu à la formation de quelques portions d'eau réduite en vapeur ; mais cette vapeur ne joue ici qu'un

rôle secondaire et connu; d'ailleurs, ce n'est point l'eau en nature qui est exposée à l'action du feu, mais une matière sèche qui peut en contenir plus ou moins. On voit que ce nouveau moteur diffère entièrement de celui qui agit dans la pompe à feu.

450. Dans celui-ci, il faut commencer par échauffer une grande masse d'eau, et l'on conçoit qu'une partie considérable du calorique doit être absorbée par les corps environnans; dans l'appareil de MM. *Niepce*, aucune portion du calorique n'est dissipée d'avance; la force mouvante est un produit instantané, et tout l'effet du combustible est employé à produire la dilatation qui sert de force mouvante.

451. Cette machine est trop nouvelle encore pour qu'il soit possible d'en apprécier exactement les effets, et de comparer l'action de son principe moteur avec celles des autres forces mouvantes connues; cependant les secousses violentes qu'éprouve cette machine, dont la masse pèse à peu près trois cents livres, l'ébranlement qu'elle communique aux corps sur lesquels elle repose, et la vivacité des mouvemens que toutes les parties reçoivent à chaque battement occasioné par l'ignition de 5 ou 6 grains seulement de combustible, ne permettent pas de douter de l'intensité et de l'impétuosité de ce nouveau principe moteur.