

nous signalerons, en particulier, ceux qui sont relatifs aux quantités de chaleur dégagées dans les combustions, c'est-à-dire dans les phénomènes de combinaison directe des corps avec l'oxygène. — Nous appellerons *chaleur de combustion* d'un corps, le nombre de calories dégagées par la combinaison de 1 gramme de ce corps avec l'oxygène.

Le tableau suivant donne, en petites calories, les valeurs approximatives de la chaleur de combustion, pour les principaux corps combustibles.

	CHALEURS DE COMBUSTION.
Hydrogène (produisant de l'eau à l'état liquide) . . .	34 500
— (— — à l'état gazeux) . . .	29 400
Carbone (produisant de l'acide carbonique)	7 850
Soufre (produisant de l'acide sulfureux)	2 269
Phosphore (produisant de l'acide phosphorique) . . .	5 870
Protocarbure d'hydrogène C^2H^4	15 125
Bicarbure d'hydrogène C^4H^4	11 860
Essence de térébenthine	10 850
Huile d'olive	9 860
Alcool	7 180
Éther	9 050

A poids égal, c'est donc l'hydrogène qui dégage, en brûlant, la plus grande quantité de chaleur.

Quant aux corps qu'on emploie le plus fréquemment comme *combustibles*, la houille, le coke, le bois, la tourbe, les nombres qui représentent leurs chaleurs de combustion sont extrêmement variables, suivant le degré de pureté de ces corps. — Ainsi, pour la houille, suivant qu'elle contient plus ou moins d'hydrogène, la chaleur de combustion peut varier de 7500 à 8900. — Pour le coke, suivant qu'il est plus ou moins pur, la chaleur de combustion varie de 6500 à 7500. — Les diverses qualités de bois, préalablement desséchées, fournissent des nombres qui varient entre 2600 et 3000. — Enfin, les chaleurs de combustion de la tourbe varient entre 5000 et 5400.

CHAPITRE X

CHAUFFAGE ET MACHINES A VAPEUR

I. — NOTIONS SUR LES DIVERS MODES DE CHAUFFAGE.

358. Appareils de chauffage usuels. — Foyers découverts, poêles.

— Les appareils employés le plus ordinairement pour le chauffage de nos habitations peuvent se rapporter à deux types principaux : les *foyers découverts* et les *poêles*.

Dans les *foyers découverts*, ou cheminées d'appartements, on n'utilise que la chaleur rayonnée par le combustible : l'air et les gaz qui s'échappent par la cheminée emportent avec eux une grande quantité de chaleur, qui ne contribue pas au chauffage.

Les *poêles* utilisent une fraction beaucoup plus considérable de la chaleur dégagée par le combustible : en effet, leurs parois, et celles des tuyaux placés dans l'appartement, transmettent une grande quantité de chaleur, soit sous forme de chaleur rayonnante, soit en échauffant par contact l'air qui se renouvelle sans cesse autour d'eux.

Mais, si les poêles donnent ainsi un chauffage plus économique que les foyers découverts, ils ne présentent généralement pas les mêmes avantages, au point de vue de l'hygiène. En effet, pour obtenir des conditions de salubrité suffisantes dans les pièces habitées, c'est-à-dire pour fournir la quantité d'oxygène nécessaire à la respiration, et enlever les émanations produites par la transpiration pulmonaire ou cutanée, il faut assurer un renouvellement de l'air correspondant au moins à 6 ou 8 mètres cubes par individu et par heure. Or, les ouvertures des poêles ne livrent généralement passage qu'à la quantité d'air nécessaire à la combustion; aussi l'usage en est-il insalubre, quand la ventilation n'est pas assurée d'une autre manière.

Il n'est pas de même des foyers découverts, dont les larges ouvertures produisent un appel d'air beaucoup plus considérable. — On peut d'ailleurs mieux utiliser la chaleur produite, en établissant, autour des parois du foyer, des espaces où l'on fait arriver l'air extérieur, par des conduits s'ouvrant au dehors de l'édifice; cet air, après s'être échauffé, vient se rendre dans l'appartement par des *bouches de chaleur*.

359. Chauffage des grands édifices. — Dans les grands édifices, on préfère le plus souvent installer un système général de chauffage. Ces systèmes sont assez nombreux; nous en indiquerons seulement les principes généraux.

Le chauffage par l'air chaud consiste à introduire, dans les pièces, de l'air pris au dehors, mais préalablement échauffé dans des tuyaux qui traversent un calorifère placé dans les caves de l'édifice. Ce mode de chauffage n'est avantageux que si l'air échauffé n'a pas un trop long trajet à parcourir, avant d'arriver aux pièces dans lesquelles il doit être distribué.

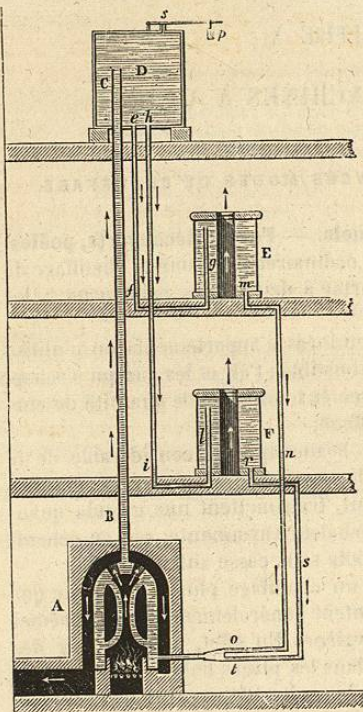


Fig. 257.
Chauffage par circulation d'eau chaude.

La chaudière A est ordinairement en forme de cloche; et à foyer intérieur, afin de présenter une surface de chauffe aussi grande que possible; elle est entièrement pleine d'eau, de même que le réservoir D, les poêles et les tuyaux. Le réservoir D, qu'on nomme *vase d'expansion*, est muni d'une soupape *s*, analogue à celle de la marmite de Papin (fig. 207); cette soupape sert à livrer passage à l'air qui se dégage de l'eau sous l'influence de la chaleur, et à régler la pression dans l'appareil. — Chacun des poêles E, F, est formé de deux parois cylindriques concentriques: l'espace compris entre les deux parois renferme de l'eau; dans le cylindre intérieur s'échauffe l'air amené de dehors par

Le chauffage par circulation d'eau chaude exige un appareil plus compliqué; la figure 257 en indique les dispositions essentielles. Il se compose: 1° d'une chaudière A, placée dans les caves; 2° d'un tuyau d'ascension BC, partant du sommet de la chaudière et débouchant dans un réservoir D établi dans les combles; 3° d'une première série de tuyaux descendants *efg, hil*, qui distribuent l'eau du réservoir D dans des poêles E, F; 4° d'une autre série de tuyaux descendants *mno, rst*, qui ramènent l'eau des poêles à la chaudière.

La chaudière A est ordinairement en forme de cloche; et à

des tuyaux placés sous le plancher. — L'eau échauffée dans la chaudière monte dans le tuyau BC, et gagne la partie supérieure du vase d'expansion; en même temps, l'eau moins chaude dont elle prend la place descend par les tubes *efg, hil*, et se rend aux poêles. Enfin, la circulation se complète par les tubes *mno, rst*, qui ramènent l'eau à la chaudière.

L'eau étant le corps qui a la plus grande chaleur spécifique (358), les variations qui peuvent se produire dans l'activité du foyer n'ont que peu d'influence sur la température d'une masse d'eau aussi considérable. Pour la même raison, cette masse d'eau peut abandonner des quantités de chaleur très grandes, sans éprouver un grand abaissement de température. — Aussi, ces appareils offrent-ils l'avantage d'entretenir une température douce et constante. Mais les frais d'établissement en sont considérables, en raison de la résistance que doivent avoir leurs diverses parties, pour supporter les pressions qu'elles éprouvent de la part de la colonne d'eau qui les surmonte.

Pour le chauffage par la vapeur d'eau, on emploie des appareils dont la disposition générale est analogue à la précédente. Ils se composent: 1° d'une chaudière à vapeur; 2° de tuyaux qui conduisent la vapeur dans des poêles à condensation; 3° de tuyaux destinés à ramener à la chaudière l'eau de condensation. — L'efficacité de ce mode de chauffage résulte de la grande quantité de chaleur qu'abandonne la vapeur au moment de la liquéfaction (354).

II. — CHAUDIÈRES A VAPEUR.

360. Moteurs à vapeur, en général. — Un moteur à vapeur comprend, en général: d'une part, un générateur de vapeur, ou chaudière; d'autre part, une machine dans laquelle la tension de cette vapeur est utilisée, pour produire un mouvement qui est ensuite transmis à divers organes.

361. Chaudière à bouilleurs. — Une chaudière à bouilleurs se compose essentiellement d'un gros cylindre horizontal A (fig. 258 et 259), qui est le corps de la chaudière, et de deux cylindres plus petits N, N', qui sont les bouilleurs; la communication entre le corps et les bouilleurs est établie par une paire de tubulures C, D, ou *évents*. L'eau remplit les bouilleurs et une partie du corps de la chaudière. Le foyer O est placé au-dessous de l'une des extrémités de la chaudière. — Pour augmenter la surface de chauffe, on emploie généralement la disposition suivante. Une voûte horizontale, construite au niveau de l'axe des bouilleurs, partage tout le fourneau en deux étages (fig. 259), et l'étage supérieur est lui-même divisé en deux galeries, par une cloison verticale qui n'est interrompue qu'à son extrémité la plus voisine

du foyer. La flamme et les gaz chauds qui viennent du foyer, après avoir parcouru toute la longueur du fourneau d'avant en arrière,

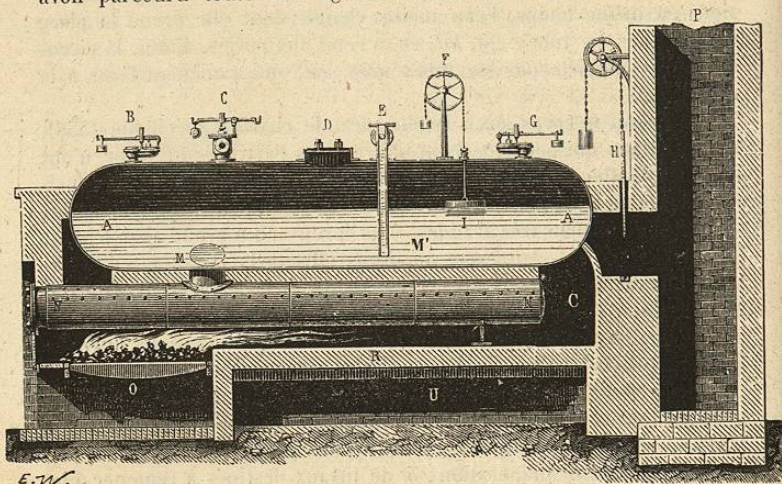


Fig. 258. — Chaudière à bouilleurs.

dans l'étage inférieur (*premier carneau*), reviennent d'arrière en avant par l'un des compartiments ménagés dans l'étage supérieur (*deuxième carneau*); enfin ils retournent par l'autre compartiment (*troisième carneau*) vers la cheminée P. C'est l'ensemble de toutes ces parties qui constitue la *surface de chauffe*.

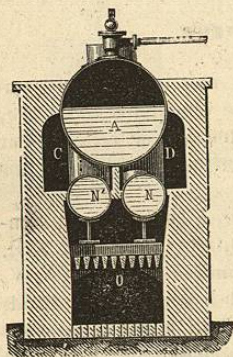


Fig. 259.

362. **Appareils indicateurs du niveau de l'eau.** — Il est indispensable que le niveau de l'eau dans la chaudière ne s'abaisse jamais de manière à laisser à découvert une portion de paroi directement chauffée. En effet, une portion de paroi qui serait en contact avec la flamme par sa surface extérieure, et qui ne serait pas en contact avec l'eau par sa surface intérieure, arriverait rapidement à l'incandescence; quand on viendrait à introduire dans la chaudière une

nouvelle quantité d'eau, il y aurait production brusque d'une énorme quantité de vapeur, et danger d'explosion. — Le chauffeur doit donc avoir des moyens de vérifier, à chaque instant, la position du niveau de l'eau dans la chaudière.

L'un des moyens les plus simples consiste dans l'emploi d'un tube

de cristal, dont les extrémités communiquent, l'une avec la partie inférieure du corps de la chaudière, l'autre avec sa partie supérieure. Le niveau de l'eau, dans ce tube, est toujours sur le même plan horizontal que dans la chaudière elle-même.

On emploie également un flotteur I (fig. 258), fixé à l'extrémité d'une chaîne qui passe sur une poulie extérieure F, et se termine par un contrepoids : l'axe de la poulie porte une aiguille, dont la position indique le niveau de l'eau à l'intérieur.

Enfin, le *sifflet d'alarme* (fig. 240) est destiné à avertir le chauffeur,

alors même qu'il serait inattentif, de l'abaissement du niveau de l'eau dans la chaudière. — Tant que le niveau de l'eau est suffisamment haut, le flotteur A éprouve une poussée qui, par l'intermédiaire du levier ABC, applique le bouchon a sur l'extrémité du conduit b. Mais si le niveau de l'eau vient à descendre plus qu'il ne doit le faire, le flotteur A s'abaisse, et entraîne la branche BA du levier; le bouchon a démasquant alors l'ouverture du conduit, il se produit un jet de vapeur qui vient se briser sur les bords du timbre d et le fait résonner tant qu'on n'a pas ramené dans la chaudière une nouvelle quantité d'eau (*).

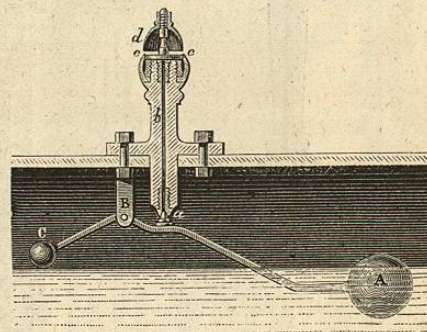


Fig. 240. — Sifflet d'alarme.

363. **Alimentation des chaudières.** — L'alimentation de la chaudière, c'est-à-dire l'introduction de la quantité d'eau nécessaire pour remplacer progressivement celle qui se convertit en vapeur, doit toujours se faire par le fond de la chaudière : si cette eau plus froide était introduite par la partie supérieure, elle déterminerait une condensation de la vapeur, et, par suite, une perturbation dans la marche de la machine. — Pour la faire pénétrer dans la chaudière on a d'abord employé une pompe foulante, dite *pompe d'alimentation*, mise en jeu par la machine elle-même. Mais le fonctionnement de cette pompe exige une dépense de force assez grande : on la remplace généralement aujourd'hui par l'*injecteur Giffard*.

364. — **Injecteur Giffard.** — Cet appareil extrêmement ingénieux, dont

(*) Dans les locomotives, le chauffeur peut aussi faire résonner le sifflet, en y amenant la vapeur au moyen d'un robinet placé à sa portée, de manière à produire des signaux d'avertissement, réglementés par la police des chemins de fer.

la figure 241 représente la coupe, est adapté au tube même qui sert au dégagement de la vapeur de la chaudière. Quand son robinet E est ouvert, une certaine quantité de vapeur pénètre par de petites ouvertures *d, d*, et vient former un jet animé d'une grande vitesse, par l'ouverture d'une tuyère F, placée dans le tube convergent *aa*; une tige *e*, terminée en pointe, qu'on appelle l'*aiguille*, et qu'on peut faire pénétrer plus ou moins dans la tuyère à l'aide d'une vis commandée par la manivelle extérieure *u*, permet de rétrécir plus ou moins le passage offert à l'arrivée de la vapeur. L'orifice d'échappement F correspond à la partie supérieure d'un tuyau H, dont l'extrémité inférieure

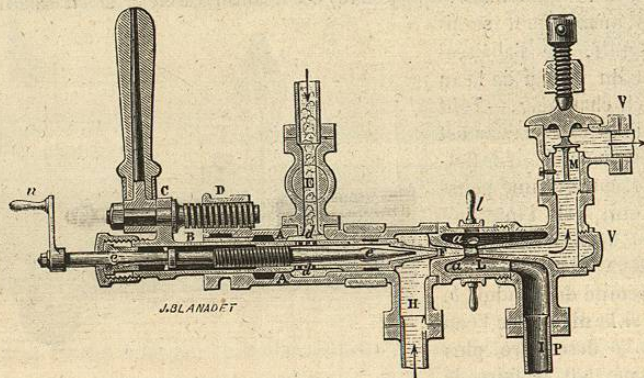


Fig. 241. — Injecteur Giffard.

rieure plonge dans un réservoir à eau : la condensation partielle de la vapeur détermine l'ascension de l'eau dans ce tube, et cette eau, entraînée par le mouvement du jet, pénètre d'abord dans le tube convergent *aa*, puis dans le tube divergent qui est situé en face, à une petite distance : l'eau acquiert dans ce dernier tube une vitesse progressivement décroissante, et arrive au fond de la chaudière par le conduit VV. Un clapet M, situé sur le trajet de ce conduit, empêche l'eau de la chaudière de revenir à l'injecteur, si la pression dans l'injecteur venait à diminuer. — Enfin l'espace élargi L, qui environne l'extrémité du tube convergent et celle du tube divergent, sert à recueillir l'air qui se dégage de l'eau arrivant du réservoir, et l'excès d'eau qui n'est point entraîné dans le tube divergent; ce mélange d'air et d'eau s'écoule à l'extérieur par le tuyau P.

L'avantage de l'injecteur Giffard est de produire un appel d'eau continu, tant que la vapeur pénètre dans la tuyère : on le règle, en faisant pénétrer plus ou moins l'aiguille à l'aide de la manivelle *u*. — L'appareil occupe d'ailleurs très peu de place : il n'a guère qu'une longueur de 20 centimètres.

365. Soupapes de sûreté. — Manomètres. — Les soupapes de sûreté, destinées à donner issue à la vapeur lorsque sa tension devient supérieure à celle que la chaudière peut supporter, sont semblables à celle de la marmite de Papin (fig. 207). Les réglemens exigent que chaque chaudière soit munie de deux soupapes au moins : chacune d'elles doit

avoir une section suffisante pour que, une fois ouverte, à elle seule et quelle que soit l'activité du feu, elle maintienne la tension de la vapeur

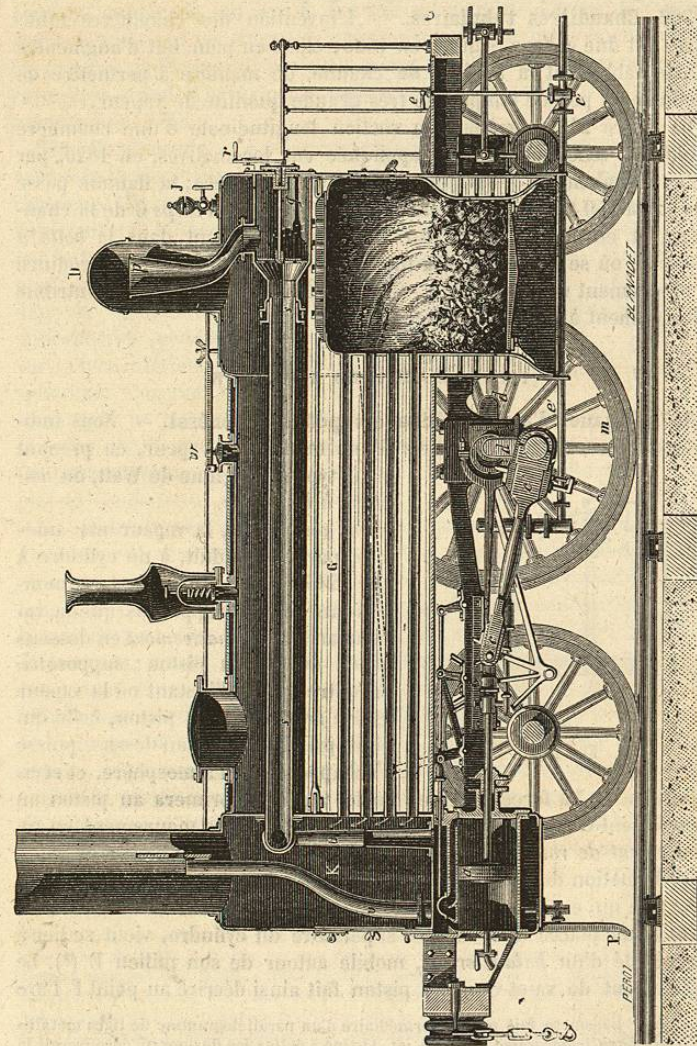


Fig. 242. — Coupe longitudinale d'une locomotive du système Stephenson.

au-dessous de la limite déterminée par la résistance de la chaudière. La figure 258 montre deux de ces soupapes, B, C.

Nous avons décrit précédemment les *manomètres* destinés à évaluer la pression de la vapeur (140 à 143) : les manomètres métalliques (143) sont aujourd'hui presque les seuls employés.

366. Chaudières tubulaires. — L'invention des chaudières tubulaires est due à Marc Séguin, en 1826; elle a eu pour but d'augmenter considérablement la surface de chauffe, de manière à permettre de produire en peu de temps une très grande quantité de vapeur.

La figure 242 représente la section longitudinale d'une chaudière tubulaire, telle qu'elle a été appliquée aux locomotives, en 1829, par Robert Stephenson. — Le foyer est placé à l'arrière; la flamme passe par 120 à 150 tuyaux, disposés dans la longueur du *corps* G de la chaudière, et environnés par l'eau. Les gaz se rendent dans la *boîte à fumée* K, où se dégage, par la tuyère U, la vapeur qui a servi à produire le mouvement de la machine. — Cet échappement de vapeur contribue puissamment à activer le tirage.

III. — MACHINES A VAPEUR.

367. Organes d'une machine à vapeur, en général. — Nous indiquerons les organes essentiels d'une machine à vapeur, en prenant pour type la machine de Watt, ou *machine à balancier*.

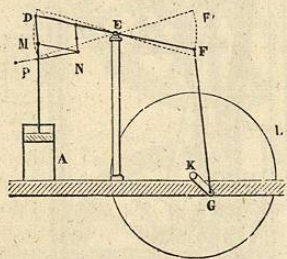


Fig. 245.

Du générateur, la vapeur est amenée, par un conduit, à un cylindre A (fig. 243), dans lequel peut se mouvoir un piston. Supposons que la vapeur arrive *alternativement* en dessous et en dessus du piston; supposons, en outre, que, à l'instant où la vapeur arrive au-dessous du piston, celle qui était primitivement au-dessus puisse s'échapper dans l'atmosphère, et réciproquement. La force élastique de la vapeur imprimera au piston un mouvement de va-et-vient : il reste à transformer ce mouvement en un *mouvement de rotation continu*. — Dans la machine à balancier, cette transformation de mouvements s'effectue de la manière suivante :

La tige qui est fixée au piston, glissant à frottement doux dans une boîte à cuir placée dans la base supérieure du cylindre, vient se lier à l'extrémité d'un *balancier* DF, mobile autour de son milieu E (*). Le mouvement de va-et-vient du piston fait ainsi décrire au point F l'arc

(*) Cette liaison se fait par l'intermédiaire d'un parallélogramme de tiges métalliques, dit *parallélogramme articulé*, et destiné à éviter les flexions qu'éprouverait la tige, pendant les mouvements du balancier, si elle était articulée directement elle-même au point D. Les quatre sommets de ce parallélogramme sont articulés, de sorte que les angles peuvent varier sans que les longueurs des côtés varient : le sommet N

de cercle FF', alternativement dans un sens et dans l'autre : le point F est relié, par l'intermédiaire d'une *bielle* FG, à l'extrémité d'une *manivelle* KG, et la manivelle est ainsi animée d'un mouvement de rotation continu, autour de son axe K. Cet axe est celui de l'*arbre de couche*, sur lequel passent les courroies qui transmettent le mouvement à tous les organes de l'usine : il porte un *volant* L, c'est-à-dire une roue d'un rayon très grand et d'un poids considérable, qui sert à régulariser le mouvement (373).

368. Condenseur. — Nous avons supposé que, au moment où la vapeur arrive de la chaudière par le tube *t* dans la partie inférieure D du cylindre (fig. 244), la partie supérieure C laisse échapper dans l'atmosphère, par le tube *t'*, la vapeur qu'elle contenait, et réciproquement. — Or, supposons que la pression dans la chaudière soit, par exemple, de trois atmosphères : pendant que cette pression s'exerce sur la face inférieure du piston, la pression atmosphérique s'exerce sur la face supérieure, en sorte que le piston n'est sollicité que par une pression résultante, égale à deux atmosphères. — On peut supprimer presque entièrement cette perte de force, par l'emploi du condenseur, qui est dû à Watt.

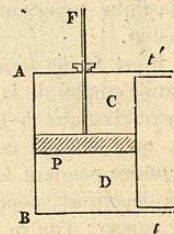


Fig. 244.

Le *condenseur* est une enceinte hermétiquement close, et vide d'air, dans laquelle pénètre, sous forme de pluie, un jet continu d'eau froide; au moment où la vapeur de la chaudière arrive dans le cylindre, par le tube *t*, le tube *t'* est mis en communication avec le condenseur. Or, si la température dans le condenseur est, par exemple, de 45°, la tension de la vapeur d'eau y sera seulement d'un dixième d'atmosphère environ : dans ces conditions, la vapeur contenue dans l'espace C doit affluer dans le condenseur, et s'y liquéfier jusqu'à ce que la tension ne soit plus que d'un dixième d'atmosphère. — Le phénomène de l'abaissement de pression est d'ailleurs tellement instantané, qu'on peut considérer la pression résistante comme étant toujours égale à un dixième d'atmosphère, c'est-à-dire égale à la *tension correspondante à la température des parties les plus froides de l'espace qui contient la vapeur*. C'est le principe connu sous le nom de *principe de Watt*. — L'utilité du condenseur est donc manifeste (*).

est relié à un point fixe P par une tige rigide, mobile elle-même autour de P, de sorte que N est assujéti à décrire un arc de cercle dont le centre est en P; ce mode de liaison, imaginé par Watt, a pour résultat, comme la théorie le démontre, de faire décrire sensiblement une *ligne droite* à l'extrémité M de la tige du piston, pendant que l'extrémité D du balancier décrit un arc de cercle.

(*) On reconnaît immédiatement une machine *sans condenseur*, à ce qu'on voit la vapeur s'échapper dans l'atmosphère, et former une sorte de panache blanc, qui apparaît par saccades, à chaque coup de piston. — Il ne se produit rien de semblable dans une machine à *condenseur*.

369. Détente. — Lorsque le cylindre reste en communication avec la chaudière pendant toute la course du piston, la vapeur agit sur le piston, pendant tout ce temps, avec une tension constante, et s'échappe ensuite dans l'atmosphère. — Watt a eu l'idée d'intercepter l'arrivée de la vapeur *avant la fin de la course* du piston : la continuation de la course du piston produit alors, sur la vapeur enfermée dans le cylindre, un accroissement de volume, et par suite une diminution de force élastique, ou une *détente*; mais, pourvu que l'accroissement de volume ne soit pas trop considérable, la vapeur conserve encore une force élastique supérieure à la pression qui s'exerce sur l'autre face du piston.

Il est facile de montrer, par un raisonnement simple, qu'on trouve dans l'emploi de la *détente* une économie réelle. — Supposons que la force élastique de la vapeur dans la chaudière soit de 2 atmosphères, et qu'à chaque coup de piston on laisse la vapeur arriver dans le cylindre pendant la *première moitié* seulement de la course du piston. On dépensera, pour un même nombre de coups de piston, *moitié moins de vapeur*; d'autre part, il est facile de voir que *l'effet sur le piston ne sera pas réduit de moitié*. En effet, la force motrice de 2 atmosphères agira toujours pendant les premières moitiés des courses du piston, ce qui constitue déjà la moitié de l'effet qui se serait produit sans l'emploi de la détente; mais, en outre, pendant les secondes moitiés des courses, le piston sera encore soumis à l'action d'une force motrice variant entre 2 atmosphères et 1 atmosphère, force toujours supérieure à la force résistante qui agit sur l'autre face. — Donc, *pour une même dépense de vapeur, il y aura augmentation de l'effet produit*.

L'immense majorité des machines fonctionnent aujourd'hui avec détente. — On emploie fréquemment les *degrés de détente* $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{10}$, c'est-à-dire qu'on laisse arriver la vapeur pendant le cinquième, le dixième de chaque course de piston. Enfin, avec des machines présentant une grande perfection, on a pu employer la détente à $\frac{1}{25}$ et même à $\frac{1}{50}$.

370. Distribution de la vapeur. — Tiroir. — Pour que les mouvements d'allée et de venue du piston puissent se produire, il faut que la vapeur vienne presser sur le piston tantôt d'un côté, tantôt de l'autre. — Voici comment on réalise ces conditions à l'aide du *tiroir* :

La vapeur arrive de la chaudière par le tube F, dans la *boîte à vapeur* FG (fig. 245), fixée sur le côté du cylindre : à l'intérieur de cette boîte se trouvent les ouvertures a, b, de deux conduits aA, bB, qui viennent aboutir chacun à l'une des extrémités du cylindre. Dans l'interval, se trouve l'ouverture K d'un autre conduit qui va déboucher dans l'atmosphère ou dans le condenseur. Enfin une pièce mobile mn, à laquelle sa forme a fait donner le nom de *tiroir*, vient s'appliquer sur ces ouvertures, mais elle n'a que la longueur nécessaire pour couvrir deux d'entre elles. — Quand le piston arrive au haut de sa course, le

tiroir se place dans la position indiquée par la figure 245; la vapeur qui vient de la chaudière pénètre par aA dans la partie supérieure du cylindre : d'autre part, la vapeur qui se trouvait au-dessous du piston s'échappe par le conduit bB et par le conduit K, dans l'atmosphère ou dans le condenseur. Le piston se met donc en mouvement de haut en bas. — Quand le piston arrive au bas de sa course, la tige E amène le tiroir dans la position indiquée par la figure 246 : la vapeur pénètre, par bB, dans la partie inférieure du cylindre; la vapeur qui se trouvait au-dessus du piston peut s'échapper par le conduit aA et par le conduit K dans l'atmosphère ou dans le condenseur. Le piston se met donc en mouvement de bas en haut, et ainsi de suite.

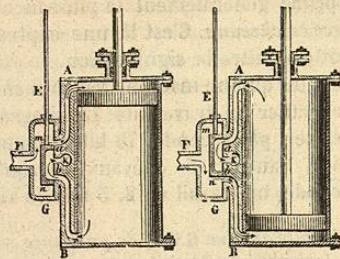


Fig. 245.

Fig. 246.

Pour que la machine marche avec détente, il suffit de régler la marche ou les dimensions du tiroir, de manière que l'arrivée de la vapeur dans le cylindre soit interceptée, pendant la course du piston, avant que la communication de l'autre partie du cylindre avec le condenseur soit interrompue (*).

371. Machines à basse pression, à moyenne pression, et à haute pression. — Au point de vue de la valeur de la tension que possède la vapeur en arrivant de la chaudière, on distingue les machines en trois groupes :

1° Les machines à *basse pression*, dans lesquelles la tension de la vapeur ne dépasse guère une atmosphère et demie. — L'emploi du condenseur est particulièrement nécessaire dans ces machines, afin que la vapeur conserve une action suffisante sur le piston.

2° Les machines à *moyenne pression*, dans lesquelles la tension est de 3 à 5 atmosphères.

3° Les machines à *haute pression*, où la tension de la vapeur dépasse 5 atmosphères. — Dans les machines à haute pression, il y a avantage

(*) Dans les machines puissantes, quand on veut employer les degrés de détente $\frac{1}{25}$ ou $\frac{1}{50}$, on substitue au tiroir un autre mode de distribution de la vapeur.

Quatre orifices sont ménagés dans la paroi du cylindre : deux, A et B, à la partie supérieure; les deux autres, A' et B', à la partie inférieure. Les ouvertures A et A' servent à l'entrée de la vapeur, qui vient de la chaudière; par les ouvertures B et B', la vapeur se rend du cylindre dans l'atmosphère. Ces quatre orifices sont, au moment voulu, couverts ou découverts, par quatre pièces mobiles mues par des cames, et dont la forme est variable d'un type de machine à l'autre. Par exemple, dans les machines du type Sulzer, ce sont des soupapes à tige, qu'une roue à cames soulève brusquement, et qu'un puissant ressort fait refermer quand la came cesse d'agir.

à supprimer le condenseur : on perd une atmosphère comme force motrice, mais on évite la dépense de travail nécessaire pour renouveler incessamment l'eau du condenseur.

372. Puissance d'une machine. — Cheval-vapeur. — Watt. — On exprime généralement la puissance des machines, en indiquant leur force en chevaux. C'est là une expression toute conventionnelle, dont il faut connaître la signification.

On dit qu'une machine vaut un *cheval-vapeur*, lorsqu'elle est capable d'effectuer un travail de 75 kilogrammètres par seconde, c'est-à-dire d'élever, par seconde, 75 kilogrammes à 1 mètre de hauteur. Une machine vaut 2, 3 chevaux, lorsqu'elle est capable d'effectuer, par seconde, un travail de 2, 3 fois 75 kilogrammètres (*).

L'unité absolue C.G.S. de puissance serait la puissance d'un moteur capable de produire un travail d'un erg en une seconde. Cette unité de puissance serait extrêmement petite. — On a pris pour unité pratique C.G.S. de puissance, celle d'un moteur capable de produire l'unité pratique de travail, un joule (56), en une seconde : cette unité a reçu le nom de *watt*. Le joule valant 10^7 ergs, le watt vaut 10^7 unités absolues de puissance.

Une machine dont la puissance est d'un cheval-vapeur, produit 75 kilogrammètres en une seconde; or on sait que le kilogrammètre équivaut à 98.100.000 ergs (55); le travail produit par la machine en une seconde est donc de $75 \times 98.100.000 = 7.360.000.000$ ergs. En d'autres termes, le nombre 7 milliards 360 millions exprimerait, en unités C.G.S. absolues, la puissance d'une machine d'un cheval-vapeur. — Le watt, unité pratique C.G.S., valant 10^7 unités absolues, le cheval-vapeur vaut 736 watts.

373. Organes régulateurs du mouvement — Volant et régulateur à boules. — Le plus ordinairement, les résistances que doit vaincre une machine varient d'un instant à l'autre, et parfois d'une manière brusque : c'est ainsi, par exemple, qu'une machine employée à faire fonctionner les diverses machines-outils d'un atelier éprouve des résistances variables, selon qu'on met en communication avec l'arbre de couche un nombre plus ou moins grand de ces outils, ou que chacun d'eux est appliqué à des matériaux plus ou moins résistants. — Pour atténuer les variations brusques de vitesse que pourrait ainsi éprouver la machine, on adapte, sur l'arbre de couche, un volant, c'est-à-dire une grande roue de fonte L (fig. 245 et 248), ayant une masse M très considérable à sa circonférence. Si la résistance opposée à la machine vient à varier, la force vive du volant variera en sens inverse, d'une quantité égale à la variation du travail résistant (25); mais la variation

(*) La puissance d'une machine, en chevaux-vapeur, ne représente pas le nombre de chevaux qu'il faudrait employer pour remplacer la machine elle-même. — Pour faire fonctionner, d'une manière continue, une machine ayant une puissance de 10 chevaux-vapeur, il faudrait employer 55 chevaux ordinaires, de force moyenne, fonctionnant d'une manière alternative, avec les intervalles de repos qu'il est indispensable de leur laisser prendre.

de la vitesse sera d'autant plus petite que la masse M du volant sera plus considérable.

Cependant, si la machine continuait à n'éprouver, pendant un temps assez long, que des résistances assez faibles, son mouvement pourrait finir par devenir trop rapide : elle arriverait à s'emporter. Pour parer à cet inconvénient, on emploie le régulateur à boules, qui est représenté par la figure 247. — Il se compose d'un système de deux sphères pesantes P, P, fixées à deux tiges métalliques articulées en A à l'extrémité de la tige verticale B. Le mouvement de rotation de l'arbre de la machine est transmis, par l'intermédiaire d'une courroie sans fin *tt* (fig. 248) et des roues d'angles T, à la tige B (fig. 247), en sorte que, pendant le mouvement, les boules tendent à s'écarter de cette tige, d'autant plus que la vitesse de rotation est plus grande : elles soulèvent alors, par l'intermédiaire des tiges articulées AD, DC, une bague CC qui glisse librement le long de B; l'extrémité G du levier coudé EFG tire alors horizontalement la tige GH, laquelle agit à son tour comme le montre la figure 248, et tend à fermer une valve *a* placée sur le tuyau d'arrivée de la vapeur dans le cylindre. Le mouvement de la machine tend alors à se ralentir de lui-même. — Au contraire, si le mouvement de la machine devient trop lent, le poids des boules les rapproche de la tige B, et la bague CC redescend; la valve *a* s'ouvrant davantage, l'arrivée de vapeur augmente, et le mouvement recommence à s'accélérer.

374 Pompes adjointes à la machine. — Dans la machine de Watt, on trouve un système de trois pompes destinées à entretenir une sorte de circulation de l'eau, indispensable à la marche régulière de la machine. Ce système de pompes doit : 1° amener continuellement une pluie d'eau froide dans la chambre à condensation (*pompe à eau froide*); 2° enlever de cette chambre l'eau qui s'y est échauffée par la condensation de la vapeur, et l'air que la diminution de la pression a dégagé de l'eau (*pompe à air*); 3° prendre une partie de cette eau pour alimenter la chaudière à vapeur (*pompe d'alimentation*). — Ces trois pompes ont leurs tiges reliées au balancier, en sorte qu'elles sont mises en mouvement par la machine elle-même : la figure 248 représente la coupe des diverses capacités dans lesquelles elles mettent l'eau en mouvement.

La pompe à eau froide *q* (fig. 248) puise l'eau dans un puits ou dans

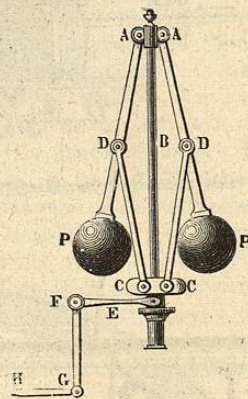


Fig. 247.
Régulateur à boules.