

Le tableau suivant donne 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)	2 260
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 5000. — Enfin, les chaleurs de combustion des diverses espèces de tourbes varient entre 5000 et 5400.

de chaleur nécessaire pour élever d'un degré la température d'un gramme d'eau. On convient, en même temps, d'appeler *chaleur de combustion* d'un corps, le nombre de petites calories dégagées par la combinaison d'un gramme de ce corps avec l'oxygène. — La valeur numérique du résultat reste la même, pourvu que l'unité de chaleur et la chaleur de combustion soient toujours rapportées à une même unité de poids.

14 hojas diarias

CHAPITRE X

CHAUFFAGE ET MACHINES A VAPEUR

1. — NOTIONS SUR LES DIVERS MODES DE CHAUFFAGE.

370. 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. L'expérience a montré, en effet, que pour entretenir 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 à une consommation d'au moins 6 à 8 mètres cubes par individu et par heure. Or, les ouvertures des poêles ne livrent généralement passage qu'à la quantité d'air nécessaire pour entretenir 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, soit en employant des *cheminées prussiennes*, qui fonctionnent à la fois comme cheminée et comme poêle, soit 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*.

371. Tirage de cheminées. — Le mouvement ascendant de la colonne gazeuse (air et gaz de la combustion), dans la cheminée qui surmonte le foyer, est produit par la différence qui existe entre la densité de cette colonne gazeuse et celle de l'air extérieur. — Désignons par h la hauteur verticale de la cheminée, par d la densité de l'air extérieur, et par d' la densité moyenne des gaz intérieurs. La différence des pressions exercées sur l'unité de surface d'une section horizontale, faite près de l'orifice inférieur, est $h(d - d')$: donc, toutes choses égales d'ailleurs, le tirage doit augmenter avec la hauteur de la cheminée. — Cependant, avec un foyer établi dans les conditions ordinaires, il ne faudrait pas augmenter la hauteur de la cheminée au delà d'une certaine limite; car, si la partie supérieure de la colonne gazeuse arrivait à n'avoir plus qu'une température voisine de celle de l'air extérieur, elle ne ferait plus que ralentir le tirage, en raison des frottements qu'elle éprouve toujours contre les parois de la cheminée.

Quand le tirage s'établit mal, une partie de la fumée se répand dans l'appartement. — C'est ce qui arrive, par exemple, lorsque, l'appartement étant trop hermétiquement clos, l'air extérieur ne peut y pénétrer en quantité suffisante pour remplacer celui qui passe dans la cheminée. Il en résulte, dans l'appartement, une raréfaction de l'air: la colonne d'air chaud cesse de monter, ou même reflue en entraînant de la fumée. — Il faut alors recourir aux *ventouses*, ou aux *vasistas*.

Enfin, le vent peut refouler la fumée dans la cheminée, ou en empêcher partiellement la sortie. — C'est pour éviter cet inconvénient, que l'on coiffe les cheminées de *mitres* en tôle ou en maçonnerie.

372. Chauffage des grands établissements. — Le chauffage par les cheminées ou les poêles nécessite un appareil spécial pour chaque pièce à chauffer. Dans la plupart des grands établissements, on préfère installer un système général de chauffage, qui offre à la fois plus d'économie et plus de régularité.

Le système de *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.

Le *chauffage par circulation d'eau chaude* exige un appareil plus compliqué, dont la figure 275 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 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. 259); 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; le cylindre intérieur est une sorte de cheminée, dans laquelle s'échauffe l'air amené du dehors par des tuyaux placés sous le plancher.

Lorsqu'on fait du feu sous la chaudière, l'eau chaude monte dans le tuyau BC, et gagne la partie supérieure du vase d'expansion; en même temps, le liquide plus froid 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 (551), 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

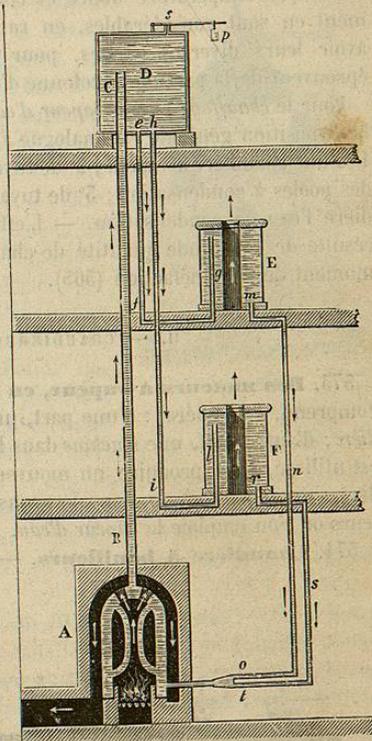


Fig. 275. — Chauffage par circulation d'eau chaude.

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 sa liquéfaction (365).

II. — CHAUDIÈRES A VAPEUR.

373. Des 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. — Nous considérerons plus particulièrement les moteurs où l'on emploie la *vapeur d'eau*.

374. Chaudière à bouilleurs. — Une chaudière à bouilleurs se

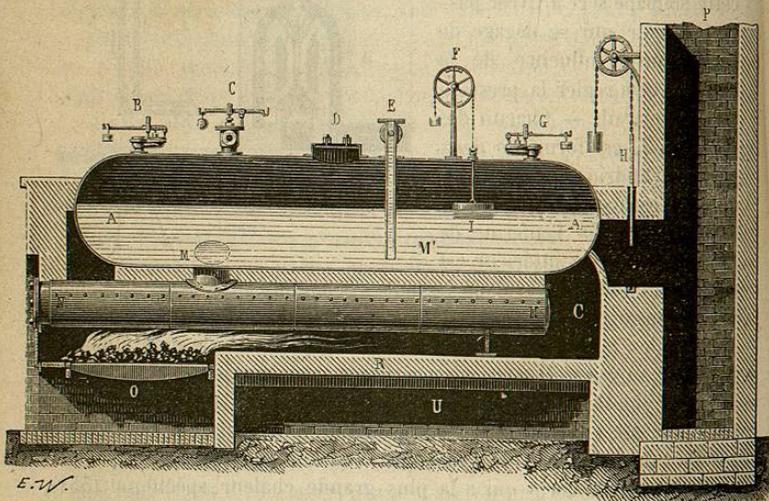


Fig. 274. — Chaudière à bouilleurs.

compose essentiellement d'un gros cylindre horizontal A (fig. 274 et 275).

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 tuyaux C, D, ou *évents*. L'eau remplit les bouilleurs et une partie du corps de la chaudière, comme le montrent les figures. 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. 275), 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 une première fois toute la longueur du fourneau d'avant en arrière, 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 qui leur donne issue. C'est l'ensemble de toutes ces parties qui constitue la *surface de chauffe*.

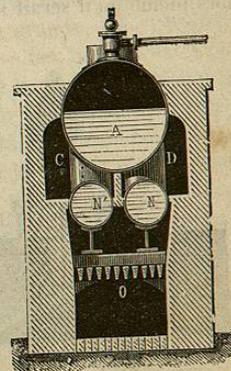


Fig. 275.

375. 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 ne laisser à nu aucune 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 sa 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 : tel est le tube représenté en o, sur le côté de la petite chaudière de la figure 316. 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 (fig. 274), fixé à l'extrémité d'une chaîne qui passe sur une poulie extérieure F, et se termine par un

contrepois : 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. 276) est destiné à avertir le chauffeur, alors même qu'il serait inattentif, de l'abaissement du niveau de l'eau

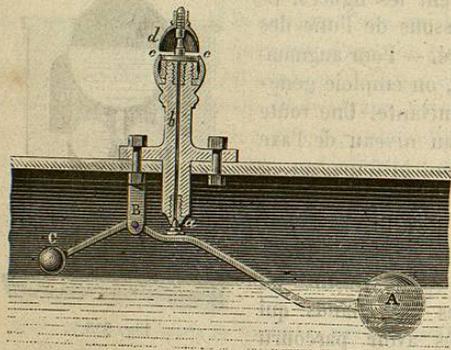


Fig. 276. — Sifflet d'alarme.

dans la chaudière. — Il se compose d'un timbre hémisphérique en bronze *d*, placé à une petite distance de la partie supérieure d'un conduit *b*, qui pénètre au travers de la paroi de la chaudière, jusqu'à une certaine distance de la surface de l'eau. Sur l'extrémité inférieure de ce conduit, vient s'appliquer un petit bouchon métallique *a*, de forme conique, fixé sur un levier *ABC*. Ce levier, mobile autour du point *B*, porte à l'une de ses extrémités un gros flotteur sphérique *A*, qui plonge dans l'eau; à son autre extrémité, un contrepois *C*, beaucoup plus petit, et émergé. — Tant que le niveau de l'eau est suffisamment haut, la poussée éprouvée par le flotteur *A* force le bouchon *a* à s'appliquer 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 (*). — *A. 207 - 1888.*

576. **Alimentation des chaudières. — Injecteur Giffard.** — 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 même de la chaudière : si cette eau plus froide était introduite par la partie supérieure, elle déterminerait, au moment de son arrivée, une condensation de la vapeur, et, par suite, une perturbation dans la marche de la machine. — Cette eau ne peut donc pénétrer dans la chaudière, qu'à la condition

(*) 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.

d'être refoulée avec une pression assez considérable. On a d'abord employé une pompe foulante, dite *pompe d'alimentation*, mise en jeu par la machine elle-même, comme on le verra plus loin (588).

577. Depuis quelques années, la pompe d'alimentation, dont le fonctionnement exige une dépense de force assez grande, est remplacée presque généralement par l'*injecteur Giffard*. — Cet appareil extrêmement ingénieux, dont la figure 277 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 *cc*, terminée en pointe, qu'on appelle l'*aiguille*, et

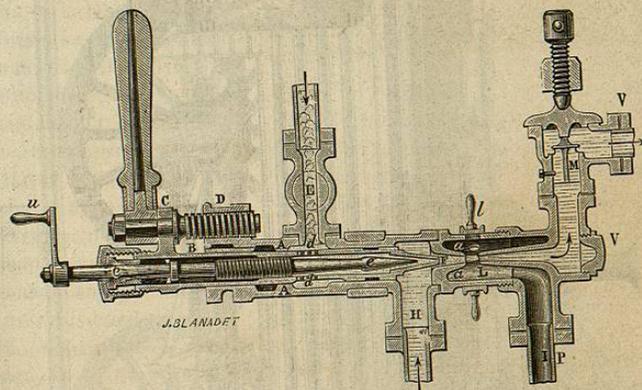


Fig. 277. — Injecteur Giffard.

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 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

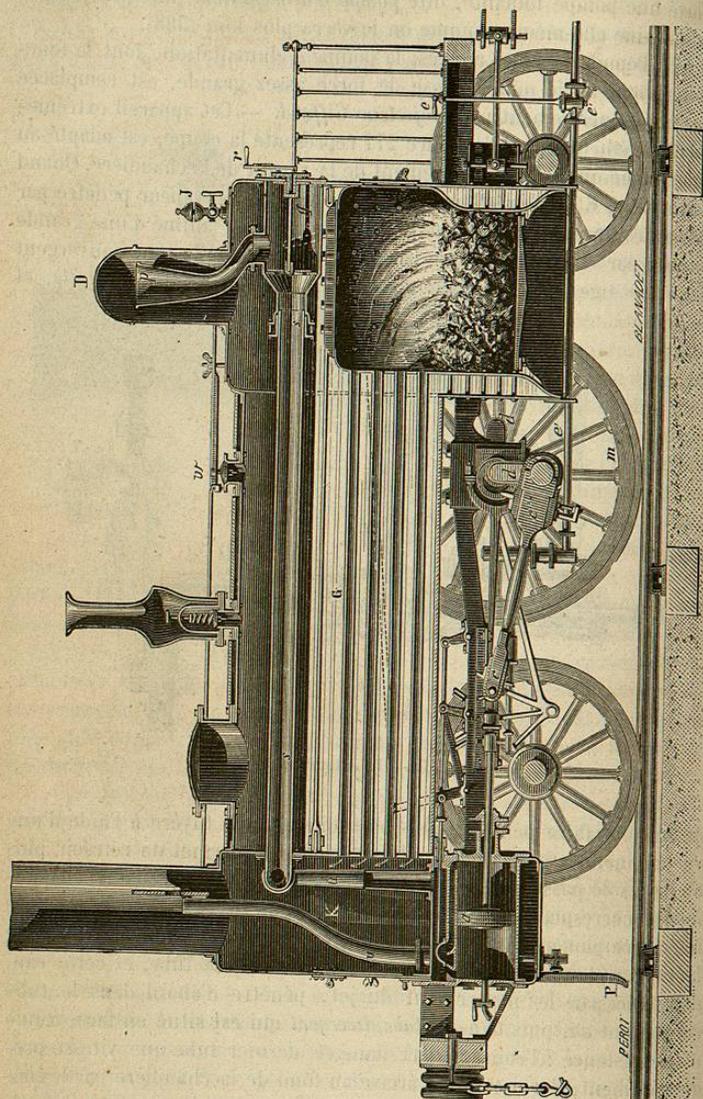


Fig. 278. — Coupe longitudinale d'une locomotive du système Stephenson.

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 absolument continu, tant que la vapeur pénètre dans la tuyère : on le règle, suivant les besoins, 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.

378. 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 tout à fait semblables à celle qui est employée dans la marmite de Papin (fig. 259). Les règlements 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 au-dessous de la limite déterminée par la résistance de la chaudière. La figure 274 montre la position de deux de ces soupapes, B, G.

Pour ce qui concerne les *manomètres* destinés à évaluer la pression de la vapeur, nous renvoyons à ce qui a été dit précédemment (145 à 146) : les manomètres métalliques (146) sont aujourd'hui presque les seuls employés.

379. 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 278 représente la section longitudinale d'une chaudière tubulaire, telle qu'elle a été appliquée aux locomotives, en 1829, par Robert Stephenson; elle offre, dans ce cas particulier, des avantages pour lesquels elle ne peut être remplacée par aucun autre système. — Le foyer, placé à l'arrière, est environné d'eau de toutes parts, comme le montre la figure : c'est un

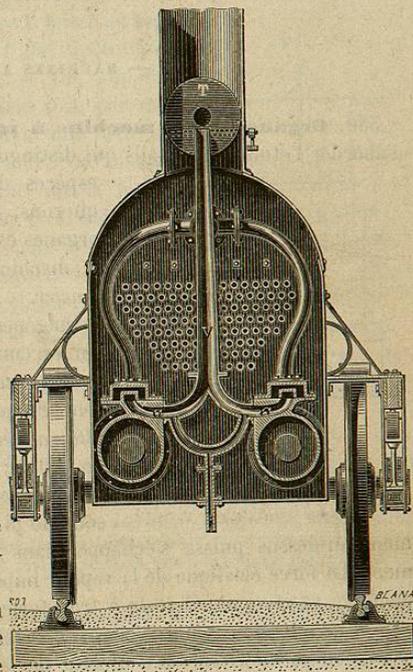


Fig. 279. — Coupe transversale passant par la boîte à fumée.

véritable *foyer intérieur*, interrompu seulement par une porte qui sert au chargement du combustible, et qui est située un peu au-dessus de la plate-forme sur laquelle se tient le chauffeur. La flamme et les gaz traversent la chaudière par 120 à 150 tuyaux, disposés dans toute la longueur du *corps G* de la chaudière, et se rendent dans la *boîte à fumée K*, où se réunit la fumée de tous les tuyaux, comme l'indiquent les petites flèches marquées sur cette figure : la figure 279 représente une coupe transversale de la machine, au niveau de la boîte à fumée, et montre les ouvertures de tous ces tuyaux dans la boîte elle-même. — C'est dans cette même boîte à fumée que se dégage, par la tuyère *V*, la vapeur qui a servi à produire le mouvement de la machine, comme on le verra plus loin. Cet échappement de vapeur, se produisant ainsi à la partie inférieure de la cheminée, contribue puissamment à activer le tirage.

III. — MACHINES A VAPEUR.

380. **Organes d'une machine à vapeur, en général.** — Avant d'aborder l'étude des détails qui distinguent entre elles les principales espèces de machines, nous en indiquons, d'une manière générale, les organes essentiels, en prenant pour type la machine de Watt, ou *machine à balancier*.

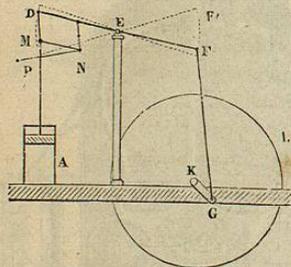


Fig. 280.

Du générateur, la vapeur est amenée, par un conduit, à un cylindre *A* (fig. 280), 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

(*) 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

mouvement de va-et-vient du piston fait ainsi décrire au point *F* l'arc 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, comme on le verra plus loin.

Lorsque la vapeur arrive, comme nous l'avons supposé, alternativement d'un côté et de l'autre du piston, la machine est dite à *double effet* (*).

381. **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, 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. Il en est de même quand la vapeur arrive dans la partie supérieure du cylindre.

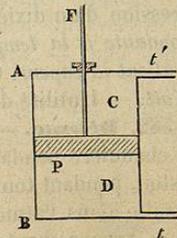


Fig. 281.

En laissant ainsi la vapeur s'échapper dans l'atmosphère, on fait donc intervenir la pression atmosphérique comme une force *résistante*, qui agit, à chaque instant, en sens inverse de la

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*, opposé à l'extrémité *D* du balancier, 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 appelle, par opposition, machines à *simple effet*, celles dans lesquelles la vapeur arrive d'un côté seulement du piston, et d'une manière intermittente. — Telle était la première machine à vapeur, imaginée par Denis Papin au dix-septième siècle, et celle qui a été réalisée en 1705 par Cayley, Newcomen et Savery.

Dans la machine connue sous le nom de *machine de Newcomen*, la vapeur, arrivant à la partie inférieure d'un cylindre vertical, soulevait un piston contenu dans ce cylindre. Lorsque le piston était en haut de sa course, on interrompait l'arrivée de la vapeur, et l'on refroidissait extérieurement le cylindre : la pression sous le piston s'abaissant alors à une valeur très faible, la pression atmosphérique entraînait le piston vers la partie inférieure du cylindre. Ce mouvement était transmis, par un balancier, à la maîtresse-tige d'une série de pompes destinées à enlever les eaux qui envahissaient les galeries d'une mine pendant l'exploitation.

x *arbre de transmission*

force motrice. — On peut supprimer presque entièrement cette perte de force, comme nous allons le montrer, par l'emploi du condenseur, qui est dû à Watt.

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, non plus avec l'atmosphère, mais avec le condenseur. Or, si la température moyenne 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 force résistante, dans le cylindre, comme étant toujours exprimée par une pression d'un dixième d'atmosphère, c'est-à-dire par 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 (*).

582. **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, c'est-à-dire qu'elle continue encore à agir sur le piston comme une force motrice.

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

(*) 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*.

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 fonctionne 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 $\frac{1}{15}$ et même à $\frac{1}{30}$.

585. **Distribution de la vapeur. — Tiroir.** — Nous avons supposé que, l'une des extrémités du cylindre étant mise en communication avec la chaudière, l'autre extrémité était mise en communication avec l'atmosphère ou avec le condenseur; nous avons supposé, en outre, que ces communications étaient alternativement interverties, à chaque course du piston dans un sens ou dans l'autre. — Voici comment on réalise ces conditions à l'aide du *tiroir* :

La vapeur arrive de la chaudière, par le tube F, dans une capacité FG (fig. 282), fixée sur le côté du cylindre : c'est la *boîte à vapeur*. Dans l'épaisseur de la paroi du cylindre, sont creusés deux conduits aA, bB, qui viennent aboutir chacun à l'une des extrémités du cylindre. Enfin, dans cette même paroi, est creusé un autre conduit, dont la figure ne représente que l'entrée K, et qui va déboucher dans l'atmosphère ou dans le condenseur. Dans la boîte à vapeur, est placé le *tiroir mn*, mis en mouvement par une tige E, qui

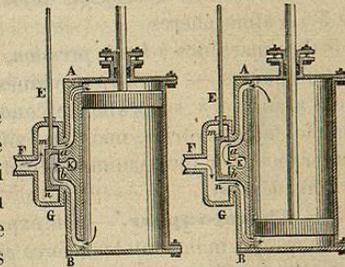


Fig. 282.

Fig. 283.

qui est mue elle-même par la machine; cette pièce, dont les figures ci-contre n'indiquent que la section, a la forme de nos tiroirs ordinaires, c'est-à-dire qu'elle peut être comparée à une boîte rectangulaire qui manquerait de l'une de ses faces, de celle précisément qui s'appliquerait sur la surface extérieure du cylindre. — Le mouvement de la tige E est réglé de façon que, quand le piston arrive au haut de sa course, le tiroir se place dans la position indiquée par la figure 282 : la vapeur qui vient de la chaudière peut passer de la boîte dans la partie supérieure du cylindre, par le conduit aA dont l'orifice a est libre : d'autre part, la vapeur qui se trouvait au-dessous du piston peut passer par le conduit bB dans l'intérieur du tiroir, et de là, par le conduit K, dans l'atmosphère ou dans le condenseur. Le piston se met donc en mouve-