

un cours d'eau, et la verse en *r* dans un vaste réservoir RR, qui doit être toujours plein d'eau. Cette eau, environnant le condenseur *c*, con-

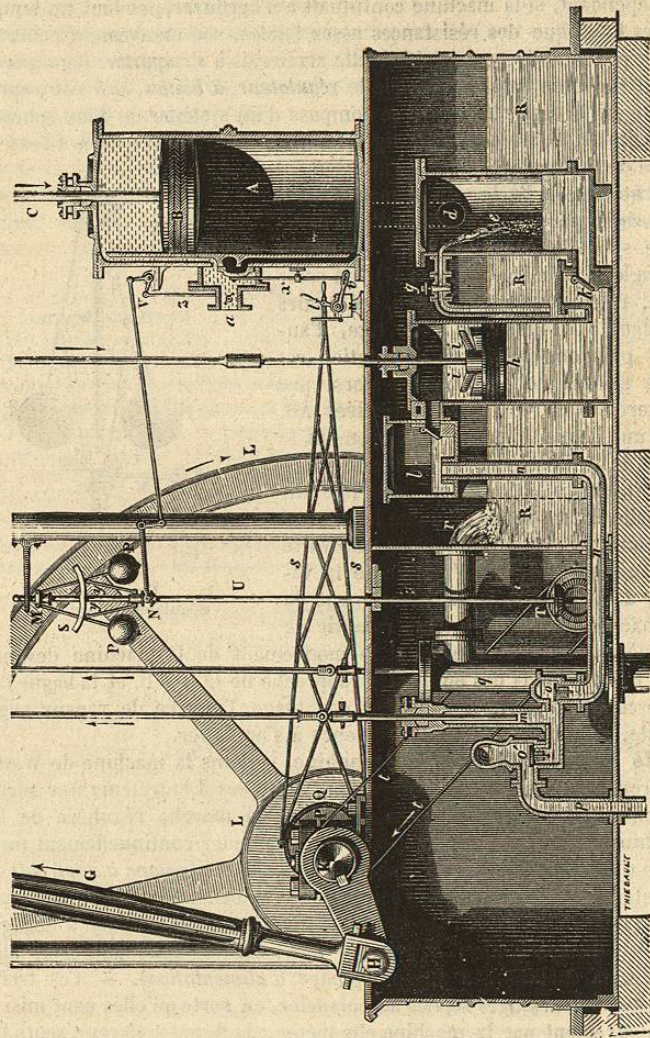


Fig. 248. — Machine de Watt.

tribue à le refroidir. En raison de la raréfaction produite dans le condenseur, par la condensation même, l'eau froide y arrive d'une manière continue par le robinet *g*.

La pompe à air *h* aspire l'eau chaude du condenseur, et l'air que cette eau a dégagé : l'eau aspirée franchit les soupapes *i*, *i* du piston, et est déversée dans un petit réservoir *l*.

La pompe d'alimentation *m* aspire une partie de cette eau chaude, par le conduit *nn* et la soupape *o*; elle la refoule ensuite, par la soupape *o'* et le conduit *p*, jusque dans la chaudière, où elle sert à remplacer l'eau qui s'est convertie en vapeur (*).

375. Mouvement du tiroir. — Excentrique circulaire. — Voici comment se produisent les déplacements du tiroir (370).

La tige *x*, qui porte le tiroir (fig. 248), est articulée avec l'un des bras d'un petit levier coudé *tuv*, dont l'autre bras s'articule en *t* avec le système de tiges *ss*; ce système se termine par un collier *Q*, qui presse légèrement sur le contour d'un disque circulaire *P*, fixé sur l'arbre de couche *K*. Mais le centre du disque *P* n'est pas sur l'axe de l'arbre de couche : il est, comme le montre la figure, en dehors de l'axe, et du côté opposé à la manivelle; de là, le nom d'*excentrique circulaire* donné à la pièce *P*. Dès lors, pendant chaque rotation de l'arbre de couche, le collier entraîne les tiges *ss* et le point *t* successivement vers la droite et vers la gauche; ces mouvements, se transmettant à la tige *x* par le levier coudé *tuv*, ont pour effet de faire successivement descendre et monter le tiroir. — Comme à chaque tour complet de l'arbre *K* correspond une allée et venue du piston, on voit que les rapports de position du piston et du tiroir, une fois établis convenablement, se conservent indéfiniment.

376. Divers types de machines. — Nous avons pris comme exemple la machine de Watt, dans laquelle la transmission du mouvement du piston à l'arbre de couche se fait par l'intermédiaire d'un balancier, d'une bielle et d'une manivelle (fig. 245).

Cette machine, dont la figure 248 représente tous les organes, sauf le balancier, est construite pour fonctionner à basse pression : elle est remarquable par la régularité de sa marche (**). — Mais les machines de ce type sont encombrantes, coûteuses, et consomment, à force égale, beaucoup plus de charbon que des machines plus simples.

(*) On remplace le plus souvent aujourd'hui la pompe d'alimentation par l'*injecteur Giffard*, qui a été décrit plus haut (564).

(**) Les machines *Compound*, ou machines de Wolf, présentent une régularité plus grande encore. — Deux cylindres, de diamètres très inégaux, sont placés l'un à côté de l'autre; les tiges des deux pistons sont articulées avec une même extrémité du balancier, de manière qu'elles montent ou descendent simultanément. Le petit cylindre est le seul qui reçoive la vapeur de la chaudière : quand la vapeur a agi sur une face du petit piston, elle est amenée, par un conduit, à la face opposée du piston de l'autre cylindre, et pénètre progressivement dans ce cylindre pendant le mouvement de son piston; elle agit donc sur le gros piston par une véritable détente, dont le travail s'ajoute à celui qu'elle avait déjà produit sur le petit piston. La vapeur retourne ensuite au condenseur. — Ces machines sont celles qui exigent le plus de précision dans l'ajustement; ce sont aussi les plus coûteuses. Mais la régularité de leur marche se prête aux opérations industrielles les plus délicates.

On verra, dans la Théorie mécanique de la chaleur (395), qu'il y a avantage, au point de vue économique, à employer des machines fonctionnant à haute température, et, par conséquent, à *haute pression*.

En outre, la tendance actuelle de l'industrie est de diminuer le nombre des organes des machines, de manière à en rendre la construction moins délicate et l'installation moins encombrante. — C'est ainsi que l'on construit aujourd'hui un grand nombre de *machines à action directe*, dans lesquelles, en supprimant le balancier, on articule directement la tige du piston avec la bielle, et quelquefois même avec la manivelle qui imprime la rotation à l'arbre de couche.

377. Locomobiles. — Comme exemple de machines particulièrement simples, on peut citer les *locomobiles*, qui sont des machines offrant

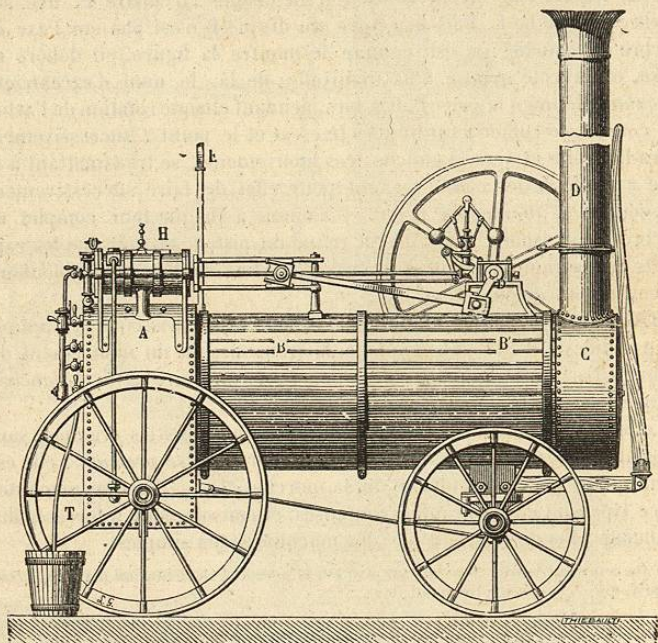


Fig. 249. — Locomobile.

l'avantage de pouvoir être transportées sur le lieu même où elles doivent effectuer temporairement un certain travail. — Deux paires de roues portent à la fois la chaudière, avec son foyer et sa cheminée, et la machine avec son volant (*fig. 249*).

La chaudière est une chaudière tubulaire, comme celles des loco-

tives (366), avec cette différence que les tubes sont plus gros, plus courts, et moins nombreux : le foyer A est placé à l'arrière, la cheminée D à l'avant, en sorte que l'ensemble offre une ressemblance grossière avec une locomotive.

La machine, dont le cylindre H est horizontal, est une machine à *action directe* (la tige du piston s'articule directement avec la bielle), fonctionnant à *haute pression*, et *sans condenseur*.

378. Locomotives. — Dans les *locomotives*, l'action de la vapeur est employée à faire tourner une ou plusieurs paires de roues, qui contribuent à porter le châssis sur lequel est installée la machine. C'est l'adhérence de ces roues pour les rails qui détermine le mouvement de tout le système : on leur donne le nom de *roues motrices* pour les distinguer des autres, qui sont les *roues porteuses*. — Le système dont la coupe a été représentée plus haut (*fig. 242*) est celui de la locomotive Stephenson, dans lequel l'action motrice de la machine s'exerce sur une seule paire de roues, la paire du milieu.

La figure 242 montre comment s'effectue la *prise de vapeur* : la vapeur formée dans la chaudière se rend dans le *dôme à vapeur* D, et pénètre dans un tuyau *p* qui la conduit, par la série de tubes *ssu*, aux cylindres dont elle doit faire mouvoir les pistons. On voit que ces conduits sont environnés, pendant tout le trajet *pss*, par la vapeur qui se dégage de la chaudière : cette disposition a pour objet d'empêcher que la vapeur contenue dans les conduits soit mélangée de gouttelettes liquides entraînées. — L'admission de la vapeur du dôme dans le tuyau *ss* se fait par une sorte de clef, qui est disposée à l'extrémité de la tige *g*, et que le chauffeur manœuvre au moyen de la manette *r*.

La vapeur agit sur un système de deux pistons placés à l'avant de la machine, l'un à droite, l'autre à gauche : ce sont comme deux machines dont les actions concordent pour faire tourner l'essieu, auquel sont *invariablement fixées les roues motrices*. La figure 242 montre, en *a*, l'un de ces deux pistons : la tige, guidée entre des glissières, s'articule avec la bielle *cc*, qui vient elle-même s'articuler avec une sorte de manivelle *d*, formée par une partie coudée de l'essieu.

Nous n'avons décrit ici que les pièces essentielles d'une locomotive, celles qui permettent de comprendre comment se produit le mouvement. Les locomotives présentent d'autres pièces qui permettent de satisfaire à toutes les exigences de l'arrêt ou de la marche. — Elles présentent en outre des différences de construction, suivant qu'elles doivent être employées pour la marche à grande vitesse, ou pour remorquer un grand nombre de wagons.

379. Machines à gaz. — On désigne sous le nom de *machines à gaz*, des machines où le mouvement est produit par la combustion d'un mélange gazeux, combustion s'effectuant dans le cylindre lui-même. — Le seul mélange qui ait été vraiment utilisé jusqu'ici est le mélange de

gaz d'éclairage et d'air. On fait en sorte que l'air soit toujours en excès, le gaz d'éclairage n'entrant dans le mélange que pour 7 centièmes environ : on obtient alors, non pas une explosion violente, mais une combustion qui s'effectue, pour ainsi dire, par couches successives.

Le piston aspire lui-même dans le cylindre, une fois la machine lancée, le gaz combustible et l'air extérieur ; quand le piston arrive en un point déterminé de sa course, le tiroir, qui avait permis l'admission du mélange gazeux, ferme la lumière : c'est alors qu'on produit l'inflammation, qui donne naissance à une pression de 5 ou 6 atmosphères.

Quant à la manière de produire l'inflammation du mélange gazeux au moment précis où elle doit avoir lieu, elle diffère d'une machine à l'autre. — Dans la *machine Lenoir*, une étincelle électrique, produite par une petite bobine de Ruhmkorff (livre V), jaillit dans l'intérieur du cylindre. — Dans la *machine Hugon*, l'inflammation est produite par deux petits becs de gaz, installés dans des cavités ménagées dans le tiroir. Chacun de ces becs, en pénétrant dans la boîte, allume le mélange et s'éteint lui-même par l'explosion ; il sort alors de la boîte, et vient se rallumer à un bec fixe, placé à l'extérieur : il rentre ensuite dans la boîte, au moment où il doit allumer de nouveau le mélange, et ainsi de suite (*).

En raison du prix, relativement élevé, du gaz d'éclairage, les machines à gaz sont moins économiques que les machines à vapeur, lorsqu'il s'agit d'un travail qui doit se continuer longtemps d'une manière régulière. — Elles sont précieuses surtout pour les travaux intermittents, puisqu'il suffit de quelques minutes pour les mettre en mouvement, et qu'on n'a pas à supporter de dépense de combustible dans les intervalles de repos de la machine.

(*) Dans les machines à gaz en général, la combustion, qui s'effectue dans le cylindre lui-même, donne lieu à un dégagement de chaleur considérable : aussi est-il nécessaire, pour éviter une trop grande élévation de température qui rendrait le graissage défectueux et détruirait les joints, de faire circuler constamment un courant d'eau froide autour du cylindre, dans une double enveloppe.

CHAPITRE XI

NOTIONS SUR LA THÉORIE MÉCANIQUE DE LA CHALEUR

I. — ÉQUIVALENCE ENTRE LE TRAVAIL MÉCANIQUE ET LA CHALEUR.

380. Apparition de chaleur, accompagnant la disparition d'une force vive de translation. — Pour faire concevoir le lien qui existe entre les phénomènes du mouvement et les phénomènes de la chaleur, prenons d'abord un exemple particulièrement simple, celui d'un corps pesant, de masse m , tombant d'une hauteur h et venant rencontrer un plan horizontal, *parfaitement rigide*, comme un plan de marbre.

Si l'on choisit d'abord, pour cette expérience, un corps *parfaitement élastique*, comme une bille d'ivoire, on le voit, après qu'il a touché le sol, remonter suivant la verticale, à la hauteur h dont il était tombé, c'est-à-dire revenir à son point de départ, avec une vitesse nulle (52). Or, dans le mouvement de descente, le corps *reçoit un travail mgh* , celui de son poids ; en même temps, il *apparaît* dans le corps une *force vive égale $\frac{1}{2}mv^2$* , en désignant par v la vitesse dont il est animé à l'instant où il touche le plan de marbre. — Dans le mouvement d'ascension, la *force vive $\frac{1}{2}mv^2$* , que possédait le corps à l'origine de l'ascension, *disparaît*, mais le corps *produit un travail égal mgh* , en se déplaçant de bas en haut malgré son poids.

Si maintenant on répète la même expérience avec un corps *mou*, c'est-à-dire avec un corps qui, au lieu de rebondir comme la bille d'ivoire, reste appliqué sur le plan, il semble, au premier abord, qu'il y ait annulation de la force vive acquise pendant la chute, sans qu'il y ait production d'un travail correspondant. — Mais, dans tous les cas de ce genre, outre la déformation permanente qu'éprouve le corps, il se produit un nouveau phénomène, en apparence très différent des phénomènes du mouvement : il y a *dégagement de chaleur*. — Ainsi, quand une balle de fusil rencontre la plaque d'une cible, elle ne prend, après le choc, qu'une vitesse insensible en sens contraire ; mais il se produit un dégagement de chaleur qui la rend brûlante. — Les