

## CHAPITRE XII

## DES MACHINES LOCOMOTIVES.

## HISTOIRE DES LOCOMOTIVES.

La première machine locomotive qui ait paru sur un chemin de fer sortait des ateliers de MM. Trevithick et Vivian. On essaya cette machine en 1804, sur le chemin de fer de Merthyr-Tydwil, dans le pays de Galles. Elle ne remorquait que 10 tonnes de poids utile à la vitesse de 8 kilomètres. MM. Trevithick et Vivian avaient pris dès 1802 un brevet pour l'application de la vapeur à la locomotion sur les routes ordinaires. Ayant rencontré de nombreuses difficultés, ils avaient bientôt abandonné les routes ordinaires pour les chemins de fer; mais le peu d'adhérence des roues sur les rails paraissait opposer un obstacle invincible à l'emploi de machines puissantes; c'est ce qui conduisit d'abord à proposer de pratiquer des rainures transversales sur les jantes des roues ou de les garnir de clous, puis à placer au milieu de la machine une roue dentée s'engrenant avec une crémaillère placée entre les deux files de rails (fig. 444). Ces machines, inventées en 1811 par M. Blenkinsop, n'avaient que le nom de commun avec les machines actuelles. La chaudière, construite dans le système d'Olivier Evans, était cylindrique et traversée dans toute sa longueur par un gros tube qui plongeait dans le liquide, et à l'extrémité duquel se trouvait le foyer. La combustion n'y était activée que par les moyens ordinaires, c'est-à-dire par une grande cheminée faisant suite au gros tube. Les cylindres étaient verticaux, les roues étaient en fonte, et

le châssis n'était pas suspendu sur ressorts. Sur quelques chemins, on remplaça la roue dentée et la crémaillère par des jambes mobiles qui se soulevaient l'une après l'autre derrière la machine, et qui, reposant sur le sol, servaient de points d'appui à la tige d'un piston glissant dans un cylindre horizontal (fig. 445), machine de Brunton, 1815.

Bientôt après, M. Blakkett fit faire un grand pas au système de la locomotion. Il détermina par expérience l'adhérence des roues sur les rails, et prouva qu'elle était suffisante pour permettre aux machines

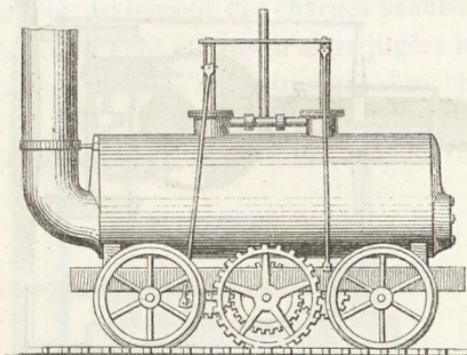


Fig. 444. — Machine à crémaillère de M. Blenkinsop.

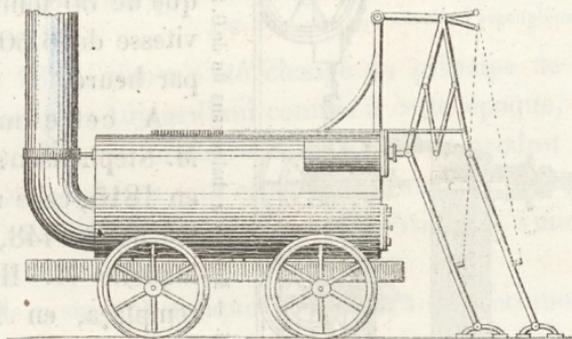


Fig. 445. — Machine de Brunton.

de se mouvoir sur les chemins de fer sensiblement de niveau ou d'une faible inclinaison.

En 1814, George Stephenson construisit une nouvelle machine, dans laquelle, pour utiliser l'adhérence de toutes les roues de la locomotive, il avait mis les trois essieux en relation au moyen de roues dentées et d'une chaîne sans fin, comme les figures 446 et 447 l'indiquent. M. Vood, dans son *Traité des chemins de fer*, dit même que les premières roues du tender étaient unies aux der-

nières de la locomotive, comme dans certaines machines essayées longtemps après au Sommering; mais cette disposition, qui n'est

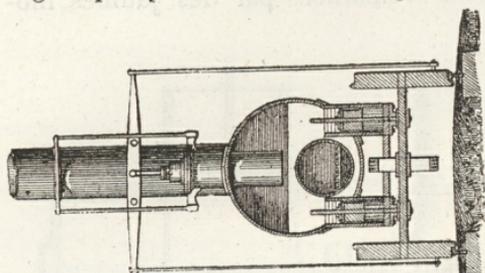


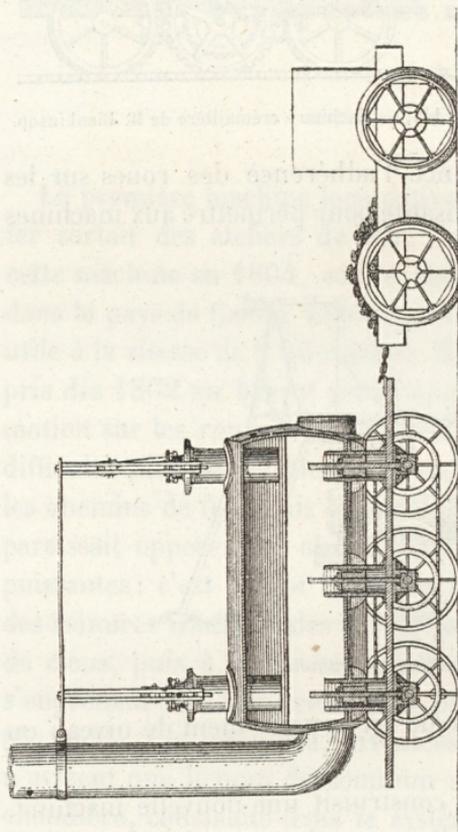
Fig. 447. — Coupe de la même machine.

pas représentée dans la coupe qu'il donne de cette machine, fut bientôt abandonnée; on reconnut que cette complication était inutile.

La chaudière, dans cette machine, était suspendue d'une manière fort ingénieuse au moyen de petits pistons pressés de haut en bas par le liquide et la vapeur. La charge traînée sur un chemin de faible inclinaison n'était que de 50 tonnes, et la vitesse de 6,500 mètres par heure.

A cette machine, M. Stephenson substitua, en 1815, celle représentée figure 448, et dans laquelle M. Hackworth remplaça, en 1825, la chaîne sans fin par une bielle d'accouplement.

Fig. 446. — Machine à chaîne sans fin de G. Stephenson.



1829 sera à jamais mémorable par l'apparition de la première machine à chaudière tubulaire avec tirage au moyen du jet de vapeur dans la cheminée. Ce fut au concours institué par la compagnie de Liverpool à Manchester que l'on vit fonctionner cette loco-

motive. Sa substitution aux anciennes machines opéra une révolution dans l'industrie des chemins de fer. Les machines à chaudière tubulaire produisant, toutes légères qu'elles sont, une quantité de vapeur plus grande que les autres, traînèrent des charges beaucoup plus lourdes et à des vitesses qui avaient été jusqu'alors jugées impossibles même par les hommes les plus expérimentés. Les chemins de fer devinrent ainsi propres au service des voyageurs, et purent même faire concurrence aux voies navigables pour le transport des marchandises. En peu d'années, ils se multiplièrent à l'infini, et le temps n'est pas éloigné où ils remplaceront dans tous les pays riches les routes de premier ordre.

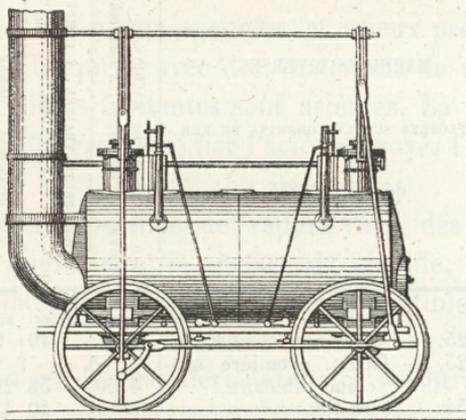


Fig. 448. — Machine à bielle d'accouplement de Stephenson.

Depuis 1829, rien n'a été changé au principe de construction des locomotives. Aujourd'hui comme à cette époque, la chaudière des locomotives est tubulaire, et le tirage est produit par le jet de vapeur. Ces machines sont cependant beaucoup plus puissantes, ce qui tient à l'accroissement de leurs dimensions et à une plus grande perfection dans leurs détails d'exécution.

Le tableau suivant indique les progrès des locomotives à partir de cette époque remarquable.

## TABLEAU

INDIQUANT LES ACCROISSEMENTS SUCCESSIFS DE POIDS, PUISSANCE D'ÉVAPORATION, ETC.  
DANS LES LOCOMOTIVES DEPUIS TRENTE ANS.

MACHINES DIVERSES EMPLOYÉES SUR LES CHEMINS DE FER de 1825 à 1855.	POIDS DE LA MACHINE, Y COMPRIS L'EAU DANS LA CHAUDIÈRE.	CHARGE BRUTE TRAINÉE, Y COMPRIS LE TENDER <sup>2</sup> .	VITESSE A L'HEURE EN MARCHÉ.	POIDS DE L'EAU ÉVAPORÉE PAR HEURE.	COMBUSTIBLE BRÛLÉ POUR TRANSPORTER UNE TONNE A 1 KILOMÈTRE.	SURFACE DE CHAUFFE	
						PAR RAYONNEMENT.	PAR CONTACT.
	tonnes.	tonnes.	kilom.	kilog.	kilog.	m. c.	m. c.
1825. — Anciennes locomotives.	6 à 7	40	9,65	450	0,450	1,06	2,76
1825. — <i>Fusée</i> , première machine tubulaire...	4 50	58	25,00	850	0,200	1,86	10,94
1854. — Fire-Fly. . . . .	» »	40	45,50	1,978	0,210	» »	» »
1858. — Harvey-Combe. . . . .	» »	50	51,00	2,500	0,170	» »	» »
1855. — Mixtes, de l'Est. . . . .	22 40	120	45,00	2,900	0,054	5,06	67,15
— De moyenne vitesse, de l'Est. . . . .	24 25	100	55,00	3,000	0,080	6,54	71,85
— De grande vitesse, Crampton, de l'Est. . . . .	27 80	88	80,00	3,200	0,080	8,65	88,92
— Petite vitesse, marchandises, de l'Est. . . . .	27 50	515	50,00	3,200	0,053	7,25	95,24
— Machine des Ardennes. . . . .	52 50	365	50,00	5,000	0,052	8,05	116,65
— Machine Engerth. . . . .	56 00	700	25,00	» »	» »	9,70	186,70

<sup>1</sup> Y compris le tender, qui n'est pas distinct de la machine.

<sup>2</sup> Nous indiquons la charge trainée sur un chemin dont la pente peut s'élever jusqu'à 5 millimètres.

D'après M. Gooch, ingénieur du chemin de Londres à Bristol, la puissance d'évaporation des machines de la voie large atteindrait 8,000 kilogrammes.

Le poids de l'eau évaporée varie, du reste, entre des limites assez écartées, suivant la manière dont on fait travailler les machines et la vitesse. Nous supposons le cas du travail habituel des machines avec la vitesse indiquée au tableau. Les machines Crampton, dans d'autres conditions, évaporent jusqu'à 5,700 kilos d'eau par heure.

Tout en augmentant la puissance des locomotives, on en a réduit considérablement les frais d'entretien.

Les auteurs du *Guide du mécanicien* admettent que les machines construites depuis une dizaine d'années fournissent un parcours total de 50 pour 100 plus élevé que celui des anciennes machines avant d'entrer en grandes réparations.

Les pièces sont aujourd'hui mieux agencées et mieux proportionnées; elles sont aussi fabriquées avec des matériaux de meilleure qualité. Toutes les pièces frottantes sont aciérées. La fonte est remplacée par le fer, le fer remplacé par l'acier corroyé, l'acier puddlé ou l'acier fondu.

On a enfin augmenté la puissance de vaporisation des machines non-seulement en augmentant la surface de chauffe, mais encore en améliorant notablement la qualité du combustible employé.

La première application de la chaudière tubulaire paraît avoir été faite en 1828, sur le chemin de Saint-Étienne à Lyon, par M. Marc Séguin, à l'époque même du concours qui eut lieu sur le chemin de Liverpool. Le tirage, dans les machines sorties des mains de ce constructeur, produit par un simple ventilateur, présentait de graves inconvénients. Les uns attribuent à Thimoty Hackworth, d'autres à Pelletan; d'autres, enfin, à George Stephenson, l'honneur d'avoir le premier employé pour ce tirage le jet de vapeur dont les effets sont si efficaces. Toujours est-il que ce fut des ateliers de Robert Stephenson que sortit la *Fusée* (the Rocket) (fig. 449), qui remporta le prix au concours de Liverpool. On assure aussi que M. Booth, secrétaire général de la compagnie de Liverpool à Manchester, a conçu l'idée de la chaudière tubulaire et l'a appliquée sur le chemin de Liverpool en même temps que Marc Séguin l'appliquait sur celui de Saint-Étienne.

Quoi qu'il en soit, adoptant l'ordre chronologique, nous citerons parmi les ingénieurs ou industriels qui ont le plus contribué au progrès des machines locomotives, MM. Trewithick et Vivian, Blenkinsop, Brunton, Blackett, George Stephenson, Hackworth, Nicolas Wood, Marc Séguin, Booth, Robert Stephenson, Sharp Robert, Crampton et Engerth; mais nous croyons juste de mentionner tout

spécialement, parmi ces hommes de mérite, les deux Stephenson et Séguin aîné.

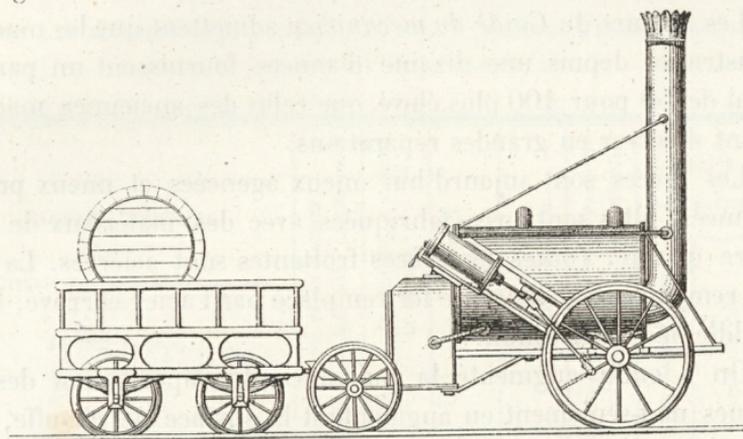


Fig. 449. — La *Fusée* de R. Stephenson.

**George et Robert Stephenson.** — George Stephenson n'a pas seulement construit les premières locomotives faisant un service passable sur les chemins de fer, et appliqué à ces machines le mode de tirage qui a rendu possible l'emploi de la chaudière tubulaire; il a, le premier, adopté les rails en fer malléable, construit le chemin de Darlington pour le transport du charbon à de grandes distances, et il a acquis un titre impérissable à la reconnaissance de la postérité, en établissant, malgré d'immenses difficultés d'exécution et la plus vive opposition de la part du public, le premier chemin de fer à grande vitesse, celui de Liverpool à Manchester.

Robert, après avoir fabriqué la machine à laquelle fut décerné le prix au concours de Liverpool, augmenta le premier la puissance des locomotives, apporta dans leur construction plusieurs améliorations importantes, telles que la coulisse adoptée généralement pour varier la détente; attacha son nom à la construction d'un grand nombre de lignes importantes non-seulement en Angleterre, mais encore dans la plupart des pays étrangers, en Afrique, en Amérique et en Asie, aussi bien qu'en Europe, et enfin conçut le projet de ce magnifique pont tubulaire en tôle de Menai, sur le modèle duquel tant d'autres ont été depuis lors établis.

Ce qu'il faut dire aussi, après avoir parlé des travaux de George et de Robert Stephenson, c'est leur vie si curieuse, si pleine d'enseignements. George n'était qu'un simple ouvrier mineur ; mais la veste du mineur couvrait un homme de génie. George Stephenson finit, non sans peine, par gagner la confiance de ses chefs, et dès lors une brillante carrière lui fut ouverte ; mais, s'il avait réussi sans instruction, par la puissance seule de son intelligence, il avait éprouvé combien le défaut de certaines connaissances scientifiques lui avait été nuisible, et il travaillait, la nuit, à raccommoder des montres, afin de gagner quelque argent pour instruire son fils Robert. Heureux père, il fut noblement récompensé, car il eut le bonheur de voir Robert atteindre, si ce n'est dépasser sa propre réputation.

Aujourd'hui Robert Stephenson est le premier des ingénieurs de chemins de fer et le premier des constructeurs de locomotives. Il est membre du parlement anglais et puissamment riche ; mais il se glorifie toujours d'être le fils de George, l'ouvrier mineur qui raccommodait des montres afin de pouvoir l'instruire, de George, auquel la ville de Liverpool reconnaissante a élevé une statue.

**Séguin l'ainé.** — Séguin l'ainé, dont nous avons placé le portrait en tête du second volume, est le neveu de Montgolfier. L'inventeur de la locomotive à grande vitesse est le neveu de l'inventeur des ballons. L'invention des ballons a été accueillie avec un immense enthousiasme ; celle de la locomotive à vapeur n'a produit d'abord qu'une faible impression. Quelle différence toutefois dans les résultats de ces deux découvertes !...

Marc Séguin est né à Annonay le 20 avril 1786. Son éducation première fut assez négligée, et peut-être ses brillantes qualités ne se fussent-elles pas développées, s'il n'avait eu le bonheur de rencontrer le meilleur et le plus dévoué des instituteurs dans son oncle Montgolfier, qui avait reconnu ses heureuses dispositions pour l'étude.

En 1820, il débuta dans la carrière des constructions civiles par un coup de maître. On construisait alors de nouvelles routes, et on améliorait celles déjà construites. Il était nécessaire, pour en tirer tout le parti possible, de trouver un moyen de traverser les

rivières à peu de frais. Ce moyen, Séguin le découvrit. Après avoir fait de nombreux et importants essais sur la résistance du fer employé sous différentes formes, il construisit, en se basant sur ces essais, le pont suspendu en fil de fer de Tournon. Ce pont ne coûta que 200,000 francs. Un pont en pierre eût coûté trois fois autant. Malgré les vives oppositions que l'établissement des ponts en fil de fer a rencontrées de la part des ingénieurs de l'État en France, plus de quatre cents ponts de cette espèce ont été depuis lors construits sur des points différents, tous d'après des procédés analogues, et c'est encore un pont en fil de fer que les Américains ont construit tout récemment pour le passage d'un chemin de fer au-dessus du Niagara.

En 1825 et 1826, Marc Séguin, associé avec le fils de l'illustre Montgolfier et avec ses frères, fit les premières tentatives de navigation à vapeur sur le Rhône. C'est alors que, pour la première fois, il se servit d'une chaudière tubulaire; mais une autre occasion allait bientôt se présenter d'employer cette chaudière avec bien plus d'avantage encore.

MM. Séguin frères avaient obtenu en 1825 la concession du chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon. Marc Séguin, dès 1827, y fit usage de la chaudière tubulaire à la locomotion. En février 1828, il prit un brevet pour cette chaudière, et ce ne fut que plus d'un an et demi après (octobre 1829) qu'on en vit de pareilles au concours de locomotives sur le chemin de Liverpool à Manchester.

M. Booth, secrétaire de la compagnie de ce chemin, auquel on a quelquefois attribué le mérite de l'invention de la chaudière tubulaire, ou M. Stephenson, le constructeur, avaient-ils connaissance de la chaudière Séguin lorsqu'ils rédigèrent leur projet, ou bien ont-ils eu la même pensée en même temps ou à peu près? C'est une question que nous ne résoudrons pas. Il est fort possible que deux hommes de génie aient eu la même pensée à la même heure.

Nous avons vu les premières locomotives à chaudière tubulaire de Séguin fonctionner. Elles produisaient beaucoup plus de vapeur que les anciennes; mais le tirage opéré par l'air que projetaient les roues à palettes ne se faisait pas dans les meilleures conditions. On substitua à ces roues le jet de vapeur. Ce fut un nouveau progrès.

L'exécution du chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon présentait de grandes difficultés. La plupart des ingénieurs de ce temps proposaient de les surmonter au moyen de plans inclinés, comme on le faisait alors sur un grand nombre de chemins aux environs de Newcastle. Séguin ne recula pas devant ces travaux considérables, que nécessitaient une pente et les courbes d'un rayon de 500 mètres. Il avait deviné l'avenir. C'est le propre des hommes de génie qui devancent leur époque. Nous avons entendu Stephen son lui-même exprimer son admiration pour ce tracé, que tant d'autres considéraient alors comme défectueux.

Séguin l'aîné, il est juste de le dire, fut puissamment secondé dans ses travaux par ses frères Camille, Paul et Charles, habiles dans l'exécution, habiles dans l'administration.

En 1857, nous retrouvons Séguin s'occupant de nouveau de la navigation à vapeur sur le Rhin. En 1859, lorsqu'on hésitait encore sur le parti à prendre pour la construction du réseau français, il publia un ouvrage qui fit grande sensation ; cet ouvrage était intitulé : *De l'influence des chemins de fer et de l'art de les tracer et de les construire.*

Patron de toutes nos gloires, Arago avait apprécié les services rendus par Séguin à la science et à l'industrie ; il fut, en 1842, nommé, sur sa présentation, membre correspondant de l'Académie des sciences.

Travailleur infatigable, Séguin l'aîné, déjà chargé d'années, étudie encore une nouvelle machine fonctionnant toujours avec la même vapeur, à laquelle on restituerait à chaque coup de piston la chaleur qu'elle a perdue en produisant l'effet mécanique, et il se livre à des recherches scientifiques sur la cohésion, recherches sur lesquelles nous n'oserions émettre une opinion, mais qui, peut-être, ont une grande portée.

Qui ne croirait que l'inventeur de la locomotive a été comblé des faveurs de souverains dont les États ont vu leur prospérité s'accroître si rapidement par l'établissement des chemins de fer ? Il n'en est rien cependant. Séguin l'aîné, simple chevalier de la Légion d'honneur, vit dans la retraite modeste, ignoré presque ; mais c'est une noble figure que celle de ce patriarche de l'indus-

trie, entouré d'une belle et nombreuse famille, sans cesse occupé de perfectionner son œuvre.

#### DESCRIPTION GÉNÉRALE DE LA LOCOMOTIVE.

**Généralités.** — Les locomotives sont des machines à vapeur accompagnées de leur chaudière, de leur foyer et de leur cheminée, montés sur un chariot spécial placé en tête du train qu'elles remorquent.

L'ingénieur qui s'occupe de l'étude des locomotives a deux qualités principales à rechercher, la *puissance* et la *légèreté*; mais elles ne suffisent pas : il faut encore que ces machines qui traînent à grande vitesse de lourds convois de voyageurs présentent toutes les garanties possibles de sécurité; il faut enfin qu'elles marchent avec économie et régularité.

Toutes les locomotives présentent certaines dispositions d'ensemble que nous allons d'abord décrire.

Une locomotive (fig. 310) se compose des trois parties principales suivantes :

- 1° Une chaudière munie de son foyer et de sa cheminée;
- 2° Un mécanisme moteur composé de cylindres, pistons, bielles et manivelles;
- 3° Un train de voiture consistant en un grand cadre rectangulaire (*châssis*) porté sur roues et essieux.

Dans les anciennes machines, le mécanisme était fixé à la chaudière, laquelle était à son tour solidement attachée au châssis. Actuellement le mécanisme est directement fixé à ce châssis, qui supporte également la chaudière. Nous verrons plus loin les avantages qui résultent de cette disposition.

La vapeur agit sur les pistons et leur communique un mouvement de va-et-vient. Celui-ci est transformé en un mouvement de rotation de l'un des essieux de la machine par l'intermédiaire des bielles et des manivelles. Les roues qui sont fixées sur cet essieu, dit *essieu moteur*, ne peuvent tourner que si elles roulent sur la voie en entraînant dans leur mouvement la machine et le train auquel elle est attelée, ou si elles glissent sur les rails sans avancer.

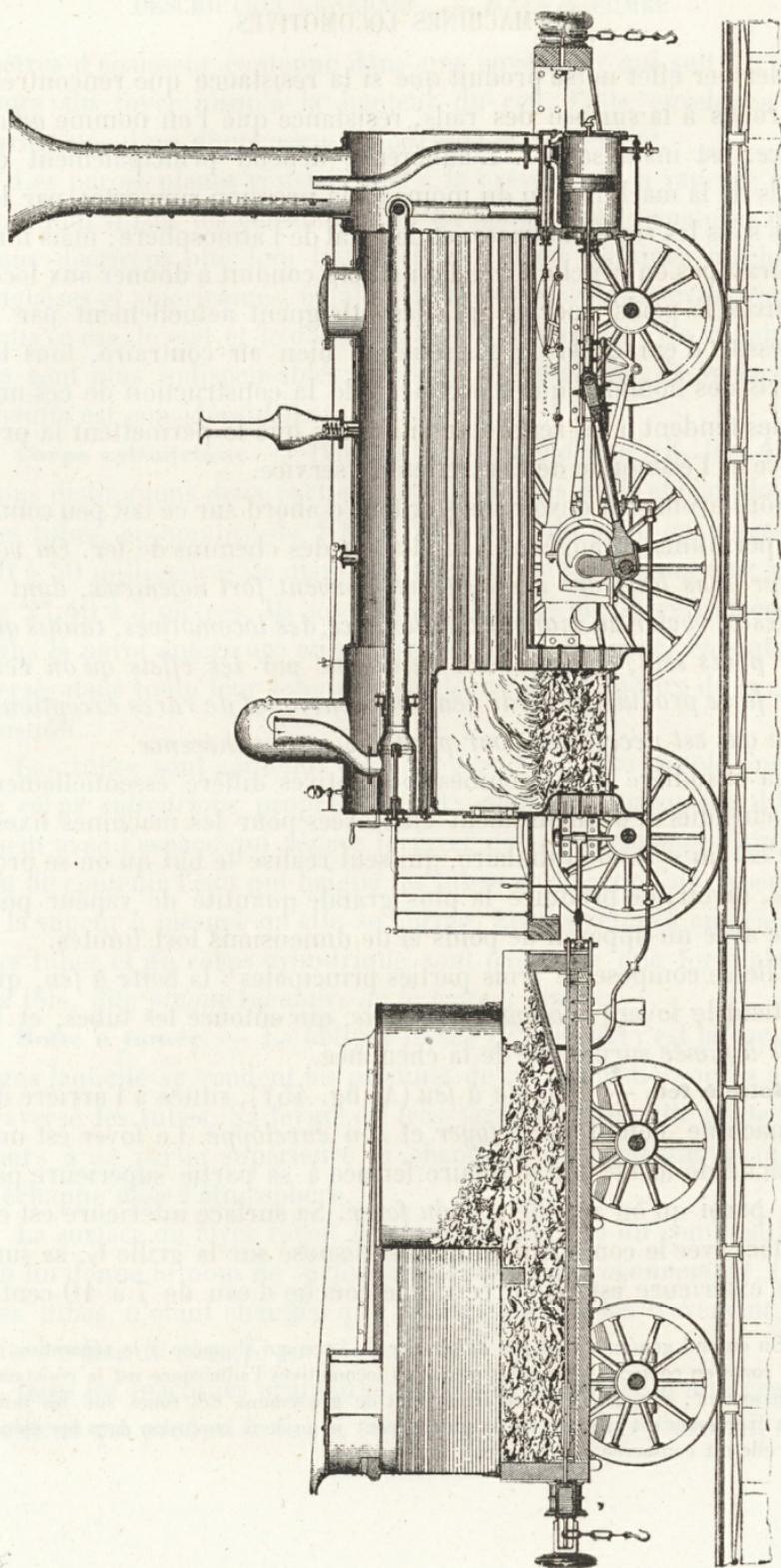


Fig. 450. — Coupe d'une machine locomotive et de son tender.

Ce dernier effet ne se produit que si la résistance que rencontrent les roues à la surface des rails, résistance que l'on nomme *adhérence*, est insuffisante<sup>1</sup>. L'adhérence dépend principalement du poids de la machine, ou du moins de la pression supportée par les rails sous les roues motrices, et de l'état de l'atmosphère; mais il ne faudrait pas en conclure que l'on ait été conduit à donner aux locomotives le poids énorme qu'elles atteignent actuellement par la nécessité d'empêcher le glissement; bien au contraire, tous les efforts des hommes qui s'occupent de la construction de ces machines tendent à les rendre aussi légères que le permettent la prudence et l'économie de l'entretien du service.

Nous avons cru devoir insister tout d'abord sur ce fait peu connu des personnes étrangères à l'industrie des chemins de fer. *On voit surgir tous les jours des systèmes souvent fort ingénieux, dont le but est d'obvier au manque d'adhérence des locomotives, tandis que leur poids seul, poids qui est déterminé par les effets qu'on veut leur faire produire, excède généralement, sauf de rares exceptions, celui qui est nécessaire pour produire cette adhérence.*

La chaudière des machines locomotives diffère essentiellement des chaudières ordinairement employées pour les machines fixes. Elle est du système tubulaire, qui seul réalise le but qu'on se propose, savoir, de produire la plus grande quantité de vapeur possible avec un appareil de poids et de dimensions fort limités.

Elle se compose de trois parties principales : la *boîte à feu*, qui contient le foyer; le *corps cylindrique*, qui entoure les tubes, et la *boîte à fumée* surmontée de la cheminée.

**Boîte à feu.** — La *boîte à feu* (A, fig. 451), située à l'arrière de la machine, comprend le *foyer* et *son enveloppe*. Le foyer est une capacité de forme rectangulaire fermée à sa partie supérieure par une paroi qu'on appelle *ciel du foyer*. Sa surface intérieure est en contact avec le combustible, qui est disposé sur la grille G; sa surface extérieure est entourée d'une couche d'eau de 7 à 10 centi-

<sup>1</sup> On entend généralement par *adhérence* la force qui s'oppose à la séparation de deux corps en contact. — Dans les machines locomotives l'adhérence est la résistance au glissement; elle est égale au frottement de glissement des roues sur les rails. Cette expression est vicieuse en ce qu'elle peut jeter de la confusion dans les idées; mais elle est consacrée par l'usage.

mètres d'épaisseur contenue dans une enveloppe qui suit les contours du foyer jusqu'à la hauteur du ciel. Cette enveloppe est surmontée d'un dôme semi-cylindrique ou pyramidal.

Les parois planes résistent mal à la pression de la vapeur ; c'est pourquoi il faut les consolider par de nombreuses armatures dont nous décrirons plus loin la disposition. Dans certaines machines anglaises et américaines, on a donné au foyer la forme cylindrique ; dans ce cas, le ciel et le dôme sont semi-sphériques, les armatures ne sont plus indispensables ; mais, à volume égal, la surface de chauffe est considérablement diminuée.

**Corps cylindrique.** — Dans le *corps cylindrique* (K, fig. 451), nous distinguons deux parties principales : les *tubes* et l'enveloppe. Les tubes, au nombre de 100 à 300, sont de petits cylindres de 30 à 50 millimètres de diamètre intérieur, dont la longueur varie de 2<sup>m</sup>,40 à 5 mètres. Ils sont fixés par l'une de leurs extrémités dans la paroi antérieure ou *plaque tubulaire* du foyer, et sont traversés dans toute leur longueur par les produits gazeux de la combustion.

Les tubes sont contenus dans un grand cylindre en tôle qui est le *corps cylindrique* proprement dit ; celui-ci communique librement avec l'espace qui sépare le foyer de son enveloppe ; son but est de contenir l'eau qui baigne les tubes et de servir de réservoir à la vapeur à mesure qu'elle se forme. Les extrémités antérieures des tubes et du corps cylindrique sont fixées sur une forte plaque de tôle, dite *plaque tubulaire de la boîte à fumée*.

**Boîte à fumée.** — La *boîte à fumée* (F, fig. 451) est la capacité dans laquelle se rendent les produits de la combustion après avoir traversé les tubes. Sa forme est très-variable, mais elle porte toujours à sa partie supérieure la cheminée par laquelle la fumée s'échappe dans l'atmosphère.

La surface du foyer reçoit directement l'action du combustible ; on lui donne le nom de *surface de chauffe par rayonnement*. Celle des tubes, n'étant chauffée que par les gaz qui les traversent, est dite *surface de chauffe par contact*.

Dans les machines ordinaires, c'est une cheminée d'une grande hauteur qui produit le tirage en se remplissant d'air chaud. Il n'en

est pas de même dans les machines locomotives. La hauteur de leur cheminée est trop faible et la résistance qu'éprouve l'air en travers-

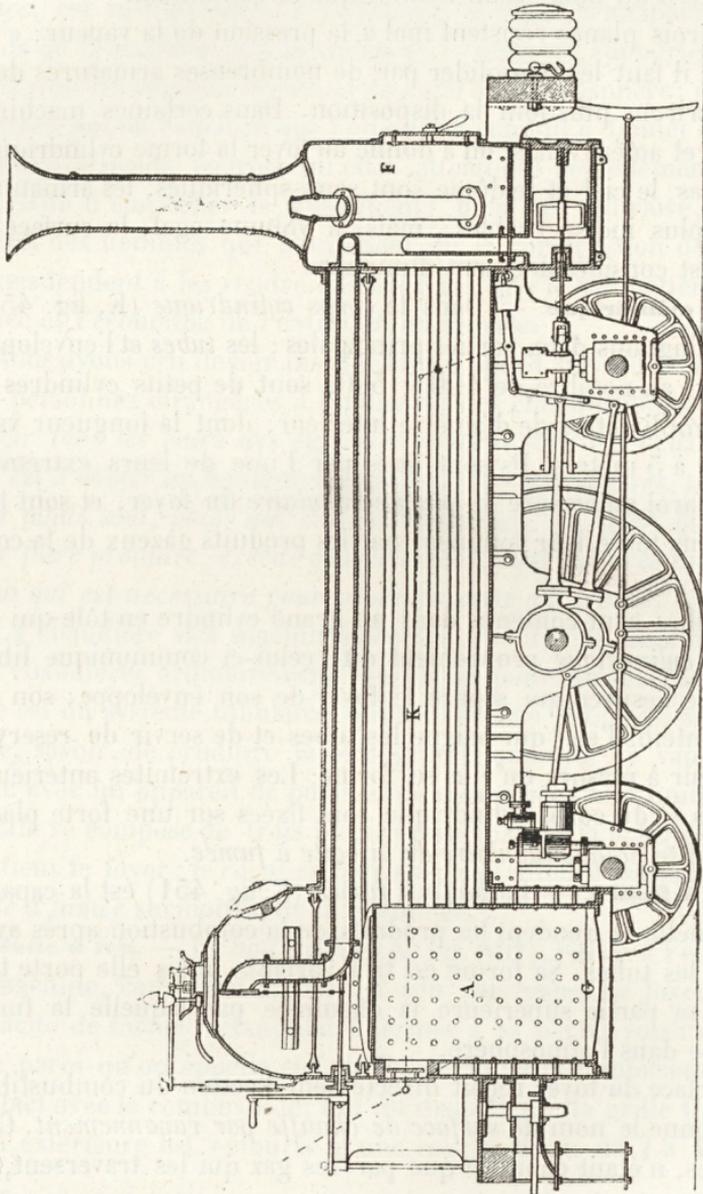


Fig. 451. — Coupe de la boîte à feu, de la chaudière et de la cheminée.

sant les tubes trop grande pour que les moyens ordinaires de tirage soient suffisants. Dans ces machines, la principale cause du tirage

est la vapeur qui, après avoir agi sur les pistons, s'échappe avec rapidité dans la cheminée et entraîne mécaniquement à sa suite une grande quantité d'air <sup>1</sup>.

*Il en résulte que les machines locomotives ne peuvent être ni à condensation ni à basse pression. Elles marchent ordinairement sous la pression de huit à neuf atmosphères.*

*La chaudière tubulaire, le tirage par le jet de vapeur, sont deux traits caractéristiques des machines locomotives.*

*La chaudière tubulaire avec le tirage par le jet de vapeur est adoptée aujourd'hui sur tous les chemins de fer du monde. Sans elle on ne pourrait réaliser cette vitesse qui a placé les chemins de fer au premier rang parmi les voies de communication.*

On comprend aisément que, dans les chaudières tubulaires, le courant d'air chaud se trouvant en contact avec les parois à chauffer par un beaucoup plus grand nombre de points que dans les chaudières chauffées extérieurement, la quantité d'eau évaporée, et par conséquent la quantité de vapeur produite, doit être plus considérable. C'est précisément cette grande production de vapeur dans un certain temps qui, pouvant produire un travail mécanique considérable dans ce même laps de temps, permet de traîner de lourdes charges à de grandes vitesses. Les anciennes chaudières, qui ne contenaient qu'un tube de grand diamètre, produisaient peu de vapeur; aussi ne pouvait-on guère, en traînant une charge raisonnable, dépasser la vitesse de 12 à 16 kilomètres par heure. Actuellement on atteint sans difficulté des vitesses de 80 à 100 kilomètres.

La faculté que possèdent les machines locomotives de produire une grande quantité de vapeur, eu égard à leur faible volume et à leur faible poids, ne tient pas uniquement à l'étendue de leur surface de chauffe, mais encore à la grande puissance vaporisatrice de

<sup>1</sup> Ce phénomène est analogue à celui qui se produit dans les *trompes*, sorte de soufflets fréquemment employés dans les Alpes et les Pyrénées, dans lesquels l'air est entraîné par le mouvement d'une colonne d'eau tombant d'une grande hauteur. Il est dû à l'élargissement brusque de la veine fluide qui passe sans intermédiaire d'une faible section à une section plus grande. L'étude des effets qui se produisent dans ces circonstances constitue une partie très-intéressante et très-féconde en applications de l'hydraulique.

chaque unité de cette surface. Ainsi l'on a reconnu que, dans les machines locomotives, le mètre carré de surface de chauffe produit de deux à trois fois autant de vapeur que dans les chaudières des machines fixes, et que la même quantité de combustible produit bien plus de vapeur dans une chaudière tubulaire que dans une chaudière à fourneau extérieur. Cela tient évidemment à la division du courant gazeux produit par la combustion en un grand nombre de courants partiels qui se refroidissent plus promptement et plus complètement, et, en outre, à la faible épaisseur des tubes, ceux-ci n'ayant que 2 millimètres d'épaisseur, tandis que les tôles des chaudières ordinaires ont de 11 à 15 millimètres.

*Outre l'avantage précieux de produire une très-grande quantité de vapeur dans un certain temps, les machines locomotives jouissent de la propriété remarquable d'être à peu près INEXPLOSIBLES.* Du moins n'y a-t-il que peu d'exemples de machines qui aient éclaté, sur plusieurs milliers qui ont été construites depuis une dizaine d'années; et encore cela tenait-il à ce que les fabricants avaient négligé de consolider d'une manière satisfaisante les parties de la boîte à feu dont la forme réclamait de puissantes armatures, ou à ce que ces chaudières étaient affaiblies par leur long service.

Les locomotives qui ont fait explosion, en très-petit nombre d'ailleurs, étaient à l'état de repos. Une machine provenant d'un chemin des environs de Paris et déjà fatiguée par le service a éclaté tout récemment en marche sur le chemin de Bordeaux à Bayonne.

Il a éclaté deux machines sur le chemin de fer de l'Est. L'une, qui était employée aux terrassements, a éclaté au repos. C'était une vieille machine très-fatiguée. L'autre était une machine presque neuve encore. Elle a éclaté également au repos, et ce qu'il y a de curieux, c'est que dans le cas c'est le corps cylindrique de la chaudière qui s'est brisé. Ce cas de la rupture du corps cylindrique ne s'était présenté jusqu'alors à notre connaissance sur aucun chemin. On ne peut l'expliquer que par la mauvaise qualité de la tôle formant l'enveloppe du corps cylindrique.

Cette propriété des chaudières de locomotives d'être à peu près inexplosibles tient tout à la fois à leur mode de construction et au mode de tirage. Le dôme au-dessus du foyer et les parois autour de

ce foyer étant convenablement consolidés, ce sont les tubes qui doivent céder les premiers quand il y a excès de pression et qui font ainsi office de véritables soupapes de sûreté. Ces tubes, effectivement, dans les machines les mieux construites, crèvent assez souvent quand ils sont amincis par l'usage; mais il n'y a pas explosion.

L'eau projetée dans le foyer par la pression de la vapeur diminue aussitôt l'activité du feu; il suffit alors de chasser dans chaque bout du tube crevé un tampon en bois blanc que l'eau de la chaudière empêche de brûler, et l'on peut continuer à se servir de la machine sans le moindre danger jusqu'au moment où il est possible de remplacer les tubes endommagés.

Le mode de tirage contribue aussi à préserver de l'explosion; car, le tirage par la vapeur cessant aussitôt que la machine est arrêtée, la production de vapeur se trouve considérablement réduite, et la vapeur ne peut s'amasser dans la chaudière de manière à la faire éclater. Lorsqu'au contraire le tirage est actif, c'est que la machine marche à une grande vitesse; elle dépense alors la vapeur à mesure qu'elle se forme.

Dans les machines fixes, les choses se passent d'une tout autre manière. Le tirage de la cheminée étant indépendant de la dépense de vapeur, il peut se produire dans certains moments, par la négligence du chauffeur, une grande quantité de vapeur, qui, n'étant pas employée, doit être débitée par les soupapes, et qui cause l'explosion si celles-ci ne fonctionnent pas convenablement.

**Réservoir de vapeur.** — L'eau ne remplit pas entièrement l'enveloppe du foyer et des tubes; elle laisse un certain espace entre son niveau et la partie supérieure de cette enveloppe. Cet espace, dans lequel se rend la vapeur à mesure qu'elle se forme, se nomme le *réservoir de vapeur*. Il est important que cet espace soit aussi grand que possible, afin d'éviter que la vapeur entraîne avec elle de l'eau non vaporisée; on cherche à l'augmenter, soit en donnant au dôme de la boîte à feu des dimensions considérables, soit en ajoutant en un point quelconque un dôme additionnel qu'on appelle *dôme de prise de vapeur*.

Depuis quelque temps on renonce à cette dernière disposition,

qui ne remplit que très-imparfaitement le but qu'on se propose, et l'on préfère augmenter le diamètre du corps cylindrique.

**Prise de vapeur.** — La vapeur se rend du réservoir dans les cylindres par un tube spécial de grand diamètre. Ce tube, nommé *tube éducteur* ou *tube de prise de vapeur*, présente deux dispositions très-différentes. Dans les chaudières qui ont un dôme de prise de vapeur, il part de la partie la plus élevée de ce dôme, descend verticalement jusqu'à une petite distance de la surface de l'eau, se recourbe à angle droit et devient horizontal. Il reste ainsi horizontal pendant tout son trajet dans le corps de la chaudière; puis, arrivé à la plaque tubulaire de la boîte à fumée, il traverse cette plaque, se recourbe de nouveau à angle droit, redevient vertical et se subdivise en deux branches qui vont aboutir aux boîtes à vapeur attenant aux cylindres. Un mécanisme particulier, qu'on nomme *régulateur*, fait partie de cette conduite; il sert à modérer ou à arrêter complètement le courant de la vapeur qui se rend dans les cylindres.

Quand il n'y a pas de dôme, la vapeur est prise simultanément dans toute la longueur de la chaudière par un tube horizontal placé aussi haut que possible. A cet effet, ce tube est percé, suivant sa génératrice la plus élevée, de petits orifices longs et étroits, de sorte qu'il présente d'un bout à l'autre des fentes presque continues dans lesquelles la vapeur se précipite à mesure qu'elle se forme, sans avoir léché la surface de l'eau en ébullition. Ce tube débouche dans une capacité où se trouve le régulateur; la vapeur, après avoir traversé cet appareil, se rend dans les boîtes à vapeur par deux tubes placés généralement en dehors de la chaudière.

**Cylindres.** — Les cylindres, logés dans le bas de la boîte à fumée ou sur les côtés, et plus ou moins inclinés à l'horizon, sont toujours au nombre de deux. Ces deux cylindres étant parfaitement semblables, ainsi que leurs mécanismes de distribution et de transmission de mouvement, nous n'en décrirons qu'un seul.

Le cylindre (fig. 452) dans lequel se meut le piston P est fermé à l'arrière par un fond F que traverse la tige du piston, à l'avant par le couvercle C, qui est disposé de manière à pouvoir être enlevé facilement quand on doit réparer le piston. La boîte à vapeur B

fait généralement corps avec le cylindre; elle communique avec ses deux extrémités par deux canaux qu'on appelle *lumières d'introduction l' l'*. Une troisième lumière L, dite *lumière d'échappement*, fait communiquer la boîte à vapeur avec le tuyau d'échappement qui se rend dans la cheminée. La section de ces lumières est un rectangle allongé (fig. 453); celle d'échappement est plus large, mais de même longueur que celle d'introduction. La surface plane sur laquelle débouchent ces lumières dans la boîte à vapeur se nomme *table du cylindre*; elle est parfaitement dressée.

Le *tiroir t* (fig. 454), sorte de caisse renversée, repose sur cette table et glisse sur elle, suivant qu'il se trouve dans l'une ou l'autre des positions indiquées dans la figure 452; l'avant du cylindre communique avec la boîte à vapeur, l'arrière avec le tuyau d'échappement ou à l'inverse. Il est dès lors évident que,

quand le tiroir occupe la position indiquée en lignes pleines, la vapeur vient presser contre la face antérieure du piston, et le force à se mouvoir dans le sens de la flèche en refoulant dans le tuyau d'échappement la vapeur qui se trouve derrière lui. Mais si, au moment où le piston arrive au bout de sa course, le tiroir se déplace et vient occuper la position que nous avons indiquée en lignes ponctuées, l'inverse a lieu, et le piston, marchant en sens contraire de la flèche, vient reprendre la position de laquelle il était parti. C'est en déplaçant ainsi le tiroir chaque fois que le piston est arrivé à bout de course que l'on parvient à donner au piston le mouvement de va-et-vient qui fait avancer la machine.

Nous avons dit plus haut que l'on attachait une grande impor-

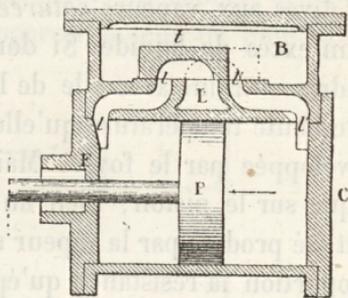


Fig. 452. — Cylindre.

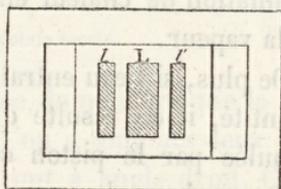


Fig. 453. — Lumières d'introduction.



Fig. 454. — Tiroir.

tance à ce que la vapeur arrivât dans la boîte à vapeur sans être mélangée d'eau ; cette importance est réelle ; nous allons chercher à la démontrer.

L'eau et la vapeur contenues dans la chaudière ont la même température ; c'est ce qui résulte de l'étude des lois de physique relatives aux vapeurs *saturées*, c'est-à-dire produites en présence d'un excès de liquide. Si donc la vapeur qui se rend dans les cylindres entraîne avec elle de l'eau de la chaudière, cette eau est à une haute température qu'elle a acquise aux dépens de la chaleur développée par le foyer. Mais elle n'exerce aucun travail mécanique sur le piston ; bien au contraire, elle diminue celui qui aurait été produit par la vapeur sèche, en augmentant dans une large proportion la résistance qu'éprouve la vapeur à son passage dans les divers conduits qui l'amènent aux cylindres. Il y a donc consommation de chaleur en pure perte et diminution de l'effet utile de la vapeur.

De plus, si l'eau entraînée dans les cylindres y arrive en grande quantité, il en résulte quelquefois des ruptures quand cette eau, refoulée par le piston contre l'un des fonds, ne trouve pas une issue assez grande.

**Mécanisme de transmission.** — La tige du piston traverse le fond du cylindre ; elle est guidée dans son mouvement rectiligne par la tête de la tige du piston (fig. 455), qui est forcée de se mou-

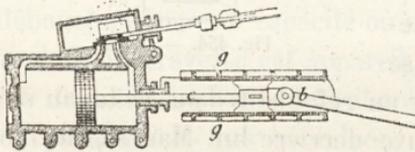


Fig. 455. — Glissière.

voir entre les glissières *gg*. Cette tête reçoit l'une des extrémités de la bielle motrice *b*, sorte de grand levier en fer forgé qui la relie avec la manivelle de la roue.

La manivelle consiste quelquefois en un coude de l'essieu qui porte les roues motrices, et qui prend alors le nom d'essieu coudé ; dans ce cas, les cylindres sont compris entre les roues. D'autres fois, c'est un renflement du moyeu de la roue motrice dans lequel est fixé un bouton de manivelle. Les cylindres sont alors extérieurs aux roues, et la bielle s'assemble sur ce bouton.

Quand le piston est à bout de course, les axes de la manivelle,

de la bielle et du piston se trouvent sur une même ligne droite. Si dans ce moment la vapeur vient presser sur le piston pour le faire rétrograder, le mouvement peut avoir lieu indifféremment dans un sens ou dans l'autre; on dit alors que la manivelle est à l'un de ses *points morts*. Pour chaque révolution complète de la manivelle, il y a deux points morts (fig. 456 et 457). On conçoit aisément qu'une machine qui aurait un seul appareil moteur ne pourrait se

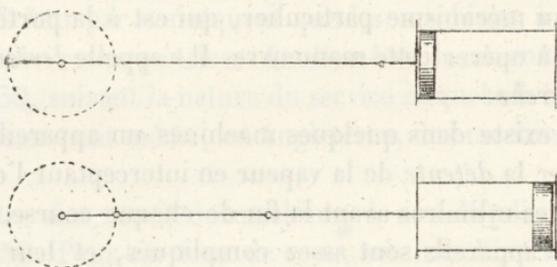


Fig. 456 et 457. — Manivelles aux points morts.

mettre en marche si elle se trouvait arrêtée de manière que la manivelle fût au point mort. C'est pourquoi l'on a toujours deux mécanismes semblables dont les manivelles sont à angle droit. Cette disposition est aussi fort utile quand l'un de ces mécanismes vient à se déranger en route; on peut alors, dans la plupart des cas, continuer à marcher avec un seul piston, en prenant seulement les précautions nécessaires pour passer les points morts à chaque démarrage.

Le mouvement des tiroirs, étant tout à fait analogue à celui des pistons, s'obtient de la même manière. Seulement les manivelles sont remplacées par des excentriques.

L'excentrique consiste en un disque circulaire en métal calé sur l'essieu moteur, de manière que l'axe de ce disque ne coïncide pas avec celui de l'essieu. La course du tiroir est le double de la distance qui sépare les deux centres (*excentricité*), comme la course du piston est le double de la longueur de la manivelle.

La dépense de vapeur dans les locomotives est considérable, et il faut remplacer l'eau de la chaudière à mesure qu'elle est évaporée. A cet effet, la machine est munie de deux pompes aspirantes et

foulantes qu'on appelle *pompes alimentaires*. Elles prennent l'eau dans le *tender* ou chariot d'approvisionnement attelé derrière la machine; le *tender* porte aussi le combustible qu'un ouvrier spécial, le *chauffeur*, charge de temps en temps sur la grille du foyer. Tantôt ce sont les pistons qui communiquent directement leur mouvement aux pompes, tantôt ce sont les excentriques qui les font marcher.

Il est souvent nécessaire de changer le sens de la marche de la machine; un mécanisme particulier, qui est à la portée du mécanicien, sert à opérer cette manœuvre. Il s'appelle *levier de changement de marche*.

Enfin il existe dans quelques machines un appareil spécial qui sert à utiliser la *détente* de la vapeur en interceptant l'entrée de ce fluide dans les cylindres avant la fin de chaque course.

Tous ces appareils sont assez compliqués, et leur description nous détournerait du but que nous nous sommes proposé dans ce premier paragraphe, destiné à donner une idée générale d'une machine locomotive. Nous consacrerons à leur étude un paragraphe spécial, quand nous nous occuperons des détails des machines locomotives.

**Châssis et roues.** — Le châssis qui porte la chaudière et le mécanisme ressemble beaucoup au châssis des waggons ordinaires. Il en diffère cependant en ce qu'il n'est pas muni de ressorts de choc et de traction comme ce dernier.

Le nombre des roues est de quatre, de six ou de huit. En général, dans les machines employées actuellement en Europe il est de six.

Dans les machines qui servent à remorquer les trains de voyageurs à grande vitesse, on donne un grand diamètre aux roues placées sur l'essieu moteur (roues motrices), et des diamètres plus petits aux autres roues.

L'augmentation du diamètre des roues motrices permet d'augmenter la vitesse de marche des trains, ce qui convient aux trains de voyageurs.

En effet, le chemin parcouru par la machine dans un temps donné est égal au développement du cercle extérieur des roues

motrices multiplié par le nombre de tours qu'ont fait ces roues dans le même temps.

Si donc on veut augmenter la vitesse de la marche, il faut augmenter le nombre des coups de piston ou le diamètre des roues. Mais les pièces du mécanisme qui sont mises en mouvement par la vapeur ne peuvent pas dépasser un certain nombre d'oscillations dans l'unité de temps sans qu'il en résulte une perte notable dans l'effet utile de la vapeur et une prompte détérioration des surfaces frottantes; il faut par conséquent que les machines à voyageurs aient de grandes roues motrices. Le diamètre de ces roues varie de 1<sup>m</sup>,68 à 2<sup>m</sup>,50, suivant la nature du service auquel elles sont affectées, et l'on construit même, en Angleterre, des machines à roues de 2<sup>m</sup>,60.

Le diamètre des roues de machines à marchandises varie de 1<sup>m</sup>,06 à 1<sup>m</sup>,50. Pour un tour de roue, une machine à marchandises parcourt donc un espace moindre qu'une machine à voyageurs.

Deux machines dont les chaudières, cylindres, pistons, etc., seraient les mêmes, mais dont les roues seraient entre elles comme 1 est à 2, produiraient pendant un tour de roue le même travail mécanique. Or ce travail est égal, pour chaque machine, à l'effort qu'elle exerce sur le convoi entier qu'elle remorque pour lui faire conserver la vitesse qu'il possède, multiplié par le chemin parcouru pendant un tour de roue.

Mais la première machine parcourra pendant cette période un espace moitié de celui que parcourra la seconde; l'effort qu'elle exerce devra donc être double pour que le produit reste constant.

Cet effort de traction produit par la pression de la vapeur sur les pistons est transmis par les bielles et les manivelles aux roues motrices qu'il tend à faire glisser sur les rails. Nous avons dit que ce glissement est empêché par l'*adhérence* des roues motrices, laquelle est proportionnelle à la pression qu'elles exercent sur la voie; il faut donc que les machines à marchandises aient leurs roues motrices plus chargées que celles à voyageurs. Afin d'éviter l'excès de fatigue qui résulterait pour la voie d'une surcharge locale trop considérable, on a été conduit à rendre motrices une ou deux des

paires de roues qui, dans les machines à voyageurs, ne servent qu'à supporter la fraction du poids qui n'est pas nécessaire pour produire l'adhérence.

A cet effet, on munit ces roues et les roues motrices proprement dites de manivelles auxiliaires de même longueur, et l'on réunit les boutons de ces manivelles par des bielles dites d'*accouplement* ou de *connexion*, de sorte que tout mouvement de rotation des roues motrices est nécessairement reproduit par celles qui leur sont couplées.

Toutes les fois que des roues sont couplées avec les roues motrices, elles doivent avoir exactement le même diamètre que ces dernières; leurs axes se trouvent donc dans un même plan horizontal. Si alors les cylindres sont intérieurs, leur axe est nécessairement incliné à l'horizon pour que la tige du piston ne rencontre pas l'essieu d'avant dans son mouvement quand c'est l'essieu d'arrière qui est couplé.

#### DISPOSITIONS D'ENSEMBLE DES MACHINES-LOCOMOTIVES.

##### *Modèles divers.*

Si toutes les machines en usage aujourd'hui sur les chemins de fer présentent sans aucune exception l'ensemble des dispositions que nous venons de décrire, elles diffèrent toutefois entre elles soit par quelques dispositions spéciales, par l'agencement des différentes parties dont elles sont composées, les dimensions de ces parties, etc. Il en résulte des modèles variés de locomotives, modèles que nous allons passer en revue.

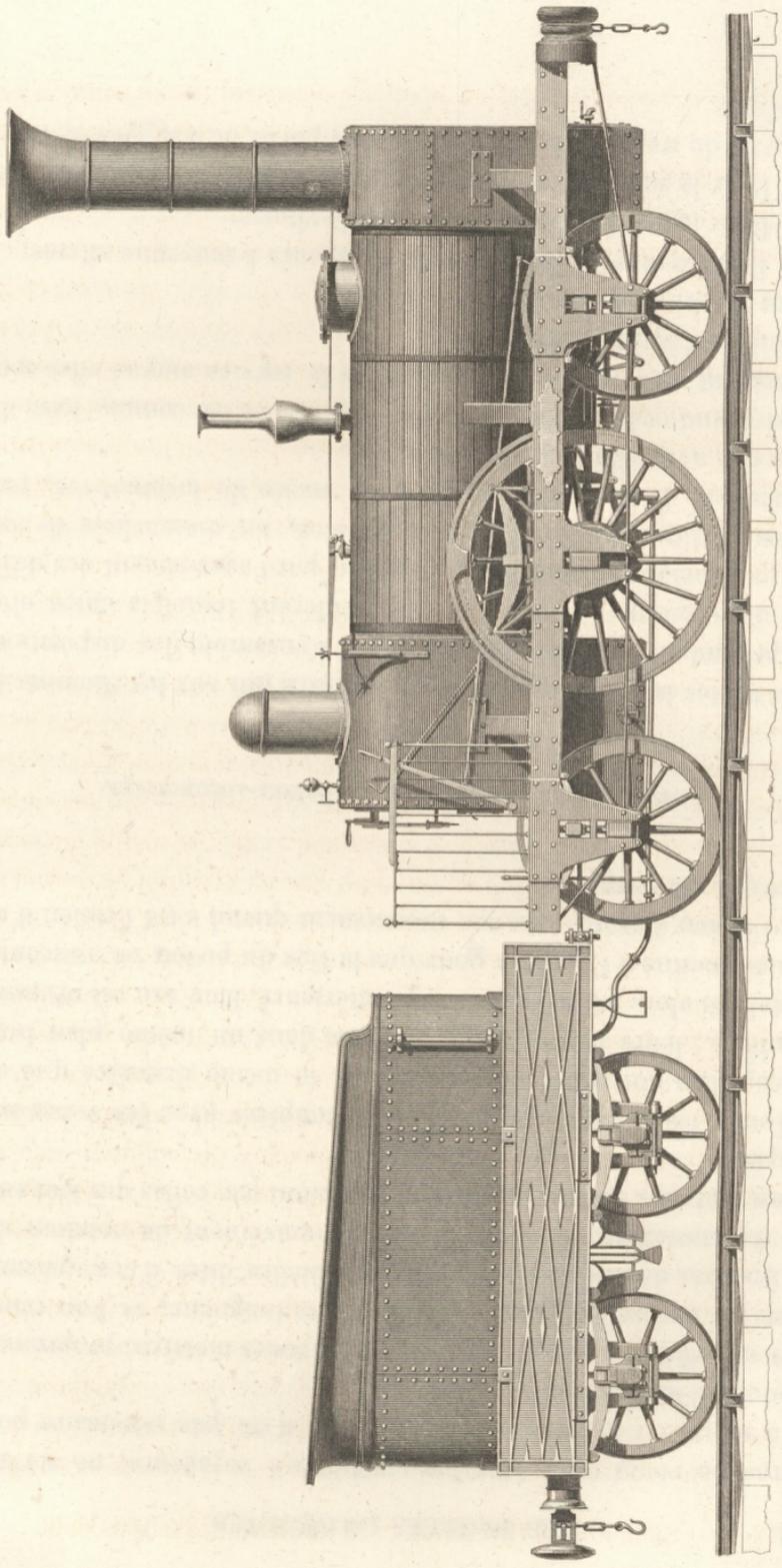
On prend ordinairement sur les chemins de fer comme base du classement des machines locomotives le service auquel elles sont destinées. Ainsi l'on distingue :

Les machines locomotives,

1° Pour le service des trains de voyageurs à moyenne vitesse;

2° Pour le service des trains à grande vitesse;

3° Pour le service à moyenne vitesse des trains mixtes, composés en partie de waggons de voyageurs et en partie de waggons de marchandises;



GRATÉ SUR ACIER FAY & WORMSEN.

*Machine locomotive de Sharp Roberts*

Fig. 458.

4° Pour le service à petite vitesse des trains à marchandises;

5° Pour le service des gares et lignes de petit parcours (machines-tenders).

Nous ne décrivons comme machines de voyageurs pour le service de la moyenne vitesse que les machines qui font exclusivement ce service.

Nous avons fait une classe séparée des machines mixtes, parce que si elles font très-souvent le service de trains composés uniquement de waggons de voyageurs, elles remorquent souvent aussi des trains mixtes composés de waggons de voyageurs et de waggons de marchandises.

Quant aux machines-tenders, nous avons cru devoir en former une cinquième classe, parce qu'elles doivent être plus spécialement consacrées à un service particulier, celui des gares. Les machines-tenders toutefois font souvent le service des trains de voyageurs sur les chemins de faible parcours (chemin de Saint-Germain), ou celui des marchandises sur des chemins à fortes pentes (partie des chemins de fer du Nord). Ne portant qu'une quantité d'eau assez limitée, elles sont peu convenables pour les longs parcours. On a tenté, à la vérité, d'en faire usage sur une grande ligne, celle du Midi, mais sans succès.

*Machines à voyageurs marchant à une vitesse moyenne.*

Parmi les machines à voyageurs à moyenne vitesse, nous décrivons d'abord la machine employée en 1859 et 1840 sur les chemins de Saint-Germain et de Versailles, modèle Sharp-Roberts, aux dispositions duquel on est revenu plus ou moins complètement sur plusieurs chemins après s'en être écarté considérablement.

**Type Sharp-Roberts, 1840.** — Dans cette machine, représentée figure 458, la boîte à feu a intérieurement 1,05 de longueur et 1,02 de largeur.

La surface de chauffe par rayonnement a 5,87 mètres carrés et la surface de chauffe totale 55,80. Le corps cylindrique de la chaudière a 2,45 de longueur. Les tubes ont 0,04 de diamètre intérieur, et ils sont au nombre de 162.

Les cylindres sont placés au bas de la boîte à feu, entre les roues,

et le mouvement est communiqué à l'essieu du milieu, à l'aide de coudes ménagés sur cet essieu. C'est sur l'essieu coudé que sont fixées les grandes roues, dites roues motrices.

Le châssis repose par l'intermédiaire des boîtes à graisse sur les fusées des essieux, en dehors des roues, comme dans les voitures à voyageurs. Il est alors extérieur aux roues.

Deux essieux, celui des roues motrices et celui des roues d'avant, sont placés entre la boîte à feu et la boîte à fumée. Le troisième essieu est placé à l'arrière de la boîte à feu.

Le centre de gravité tombe entre les roues du milieu et les roues d'avant, le poids se trouve distribué entre les essieux de manière à surcharger l'essieu d'avant.

Les trois paires de roues se meuvent indépendamment les unes des autres, l'adhérence en vertu de laquelle le mouvement de progression de la machine a lieu n'est produite qu'en vertu de la charge des roues motrices.

**Ancien type Stephenson de 1845.** — Dans les machines Stephenson (fig. 459), substituées en 1845 aux machines Sharp-Roberts, et employées alors exclusivement sur presque toutes les nouvelles lignes, la disposition des éléments de la machine est sensiblement différente.

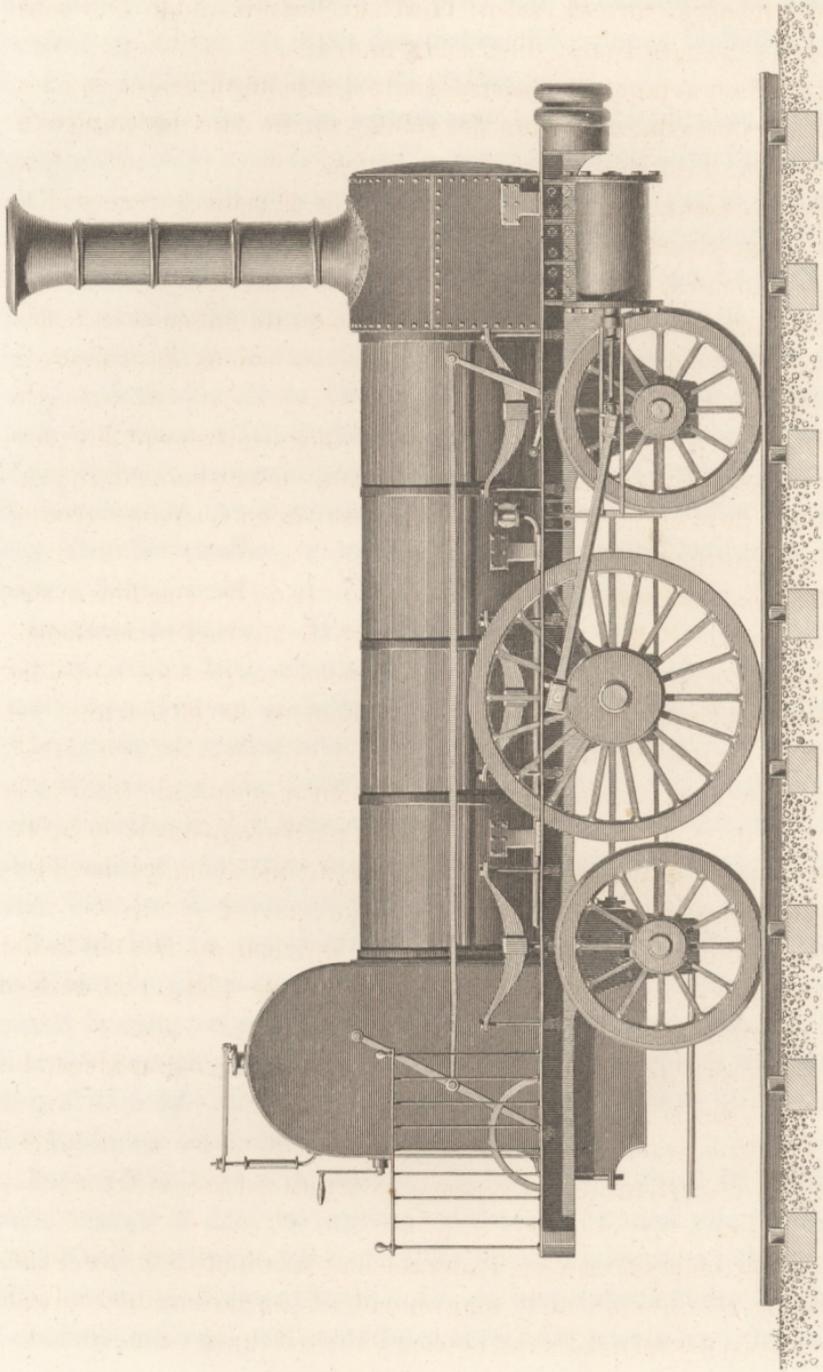
La longueur intérieure de la boîte à feu n'est que de 0,95 et la largeur de 0,90, la surface de chauffe par rayonnement de 5,00; cette surface de chauffe est donc plus petite que dans les machines Sharp-Roberts.

En revanche, les tubes ont 3,95 de longueur au lieu de 2,43; ils ont 0,057 de diamètre, sont au nombre de 139, et la surface de chauffe totale est de 69 mètres carrés.

Le châssis repose sur les fusées des essieux à l'intérieur des roues.

Les trois essieux sont placés entre la boîte à feu et la boîte à fumée. L'écartement des essieux extrêmes est de 5<sup>m</sup>,01 au lieu de 5<sup>m</sup>,44.

Les cylindres sont placés latéralement à la boîte à fumée, et les pistons communiquent le mouvement à l'essieu du milieu à l'aide de manivelles ménagées sur l'essieu à l'extérieur des roues.



GRAVÉ PAR J. PETITCOLIN.

*Machine locomotive de Robt. Stephenson 1825*

Fig. 459.

Tout le mécanisme pour la mise en mouvement des tiroirs dans une direction ou dans l'autre est placé sous la chaudière. Le mouvement est donné aux tiges des pistons des pompes foulantes par les excentriques de la marche en arrière.

**Allongement du corps cylindrique.** — M. Stephenson, en allongeant le corps cylindrique de la chaudière, a eu pour but principal de tirer meilleur parti de la chaleur emportée par le courant d'air, ou, en d'autres termes, de dépouiller plus complètement ce courant de la chaleur en allongeant le chemin qu'il parcourt de la boîte à feu à la cheminée. Il a aussi augmenté la surface de chauffe par contact. D'un autre côté, cet accroissement de longueur du corps cylindrique de la chaudière eût entraîné, si l'on eût conservé à l'essieu d'arrière la position qu'il occupe dans la machine Sharp-Roberts, un accroissement d'écartement des essieux extrêmes. M. Stephenson, pour diminuer cet écartement et faciliter le passage dans les courbes, a transporté cet essieu de l'arrière de la boîte à feu à l'avant.

**Exiguité du foyer.** — Il en est résulté que, la boîte à feu se trouvant en porte à faux, on n'a pu lui donner une grande longueur. Aussi reproche-t-on à ces machines l'exiguité de leur foyer, dont la longueur se trouve restreinte par sa position en porte à faux et la largeur par une installation entre les deux longerons d'un châssis intérieur. Cet inconvénient s'aggrave si le combustible employé, comme cela arrive assez fréquemment sur nos chemins français, n'est pas de première qualité.

Les machines à voyageurs du modèle Stephenson 1845 ont aussi le défaut de n'être pas suffisamment chargées à l'avant, surtout quand le dôme est pyramidal, comme dans la machine figure 459. Il arrive souvent que dans quelques-unes de ces machines le centre de gravité tombe au-dessus de l'essieu-moteur, en sorte qu'elles se trouvent pour ainsi dire en équilibre sur cet essieu.

Des machines de cette espèce, dont l'essieu d'avant est faiblement chargé et dont les essieux extrêmes sont aussi peu écartés, sont d'une part exposées à dérailler en se soulevant à l'avant, et elles ont un mouvement oscillatoire qui non-seulement les fatigue beaucoup, mais qui peut contribuer aussi à les jeter hors de la voie.

**Dôme pyramidal.** — On critique justement dans les machines Stephenson du modèle de 1845 (fig. 459) le dôme pyramidal. Il charge outre mesure l'essieu d'arrière de la machine et affecte une forme qui le rend plus sujet que tout autre à explosion. On est obligé de le consolider par des tirants qui en augmentent le poids.

Dans un grand nombre de machines du même modèle construites plus récemment, on a adopté la prise de vapeur système Crampton, que nous décrirons plus loin.

**Châssis intérieur, avantages et défauts.** — Le châssis intérieur a été adopté par M. Stephenson dans le but de réduire les frais de construction de la machine. Quelques personnes pensent aussi que les machines à châssis intérieur, dans le cas de la rupture d'un essieu, sont moins dangereuses que celles à châssis extérieur. C'est une erreur qu'il importe de combattre. Voici l'argument produit en faveur de cette thèse : une machine locomotive étant en mouvement, les essieux sont sollicités à se rompre par deux forces :

1° Le poids de la machine qui agit de haut en bas verticalement ;

2° La pression qui a lieu entre le rebord de la roue et le rail, quand, par une cause quelconque, la machine se déplace latéralement. Cette pression tend à renverser la roue en dehors de la voie, en brisant l'essieu en dedans contre le moyeu.

Quand le châssis est extérieur, le poids de la chaudière et du mécanisme tend à produire le même effet que la pression latérale, et, si l'essieu se brise, la rupture ayant toujours lieu en dedans des roues, contre le moyeu, la roue s'incline en dehors jusqu'à ce qu'elle ait rencontré le châssis contre lequel elle s'appuie et quitte le rail (fig. 460).

Si au contraire le châssis est intérieur, le poids qui presse sur la fusée tend à chasser le boudin de la roue en dehors de la voie, tandis que la pression latérale tend à produire l'effet contraire; ces deux effets se contre-balancent donc jusqu'à un certain point. La rupture de l'essieu ayant toujours lieu en dedans de la fusée en *a* (fig. 461), le poids de la chaudière renverse la roue en dedans, elle s'incline jusqu'à ce que le boudin s'appuie contre le rail, et alors, au lieu de s'éloigner du rail, comme dans le cas du châssis exté-

rieur, elle s'en rapproche. Il arrive donc que la roue, bien qu'inclinée, ne quitte pas la voie.

Ce raisonnement serait juste si, dans les machines à châssis intérieur, l'essieu se cassait en *a* au delà de la fusée; mais il arrive

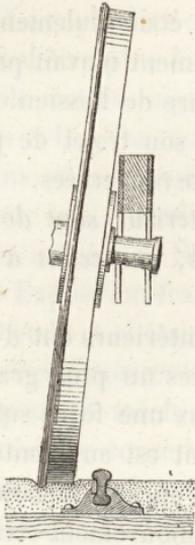


Fig. 460. — Rupture d'essieu avec châssis extérieur.

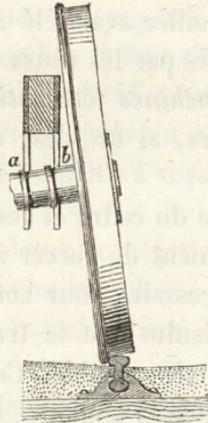


Fig. 461. — Rupture d'essieu avec châssis intérieur.

au contraire plus fréquemment que la rupture a lieu en *b*, tout contre le moyeu.

La roue alors se détache complètement en se jetant hors de la voie, et la machine déraile nécessairement en tournant sur elle-même si elle est à quatre roues, et si, étant à six roues, c'est l'essieu d'avant qui s'est brisé. Un accident de ce genre, arrivé sur le chemin de Londres à Birmingham avec une machine à quatre roues, est venu prouver le danger réel que présentent les machines à cadre intérieur quand il y a rupture de l'un des essieux.

Avec les machines à châssis extérieur, il est vrai que la roue quitte le rail en s'inclinant; mais, comme cette roue continue à être soutenue par le cadre pendant quelques instants, elle roule sur le sable et maintient la machine mieux que ne le ferait une roue de machine à châssis intérieur, qui se détacherait entièrement du châssis.

On a cru pendant longtemps que, lors de l'accident du 8 mai, les roues ou du moins l'une des roues de devant de la machine qui était à châssis extérieur s'étant renversée par suite de la rupture de l'essieu, la machine avait basculé.

Une étude plus attentive des faits a conduit à reconnaître que la machine n'avait pas en réalité basculé. Elle était seulement sortie de la voie, et très-probablement le déraillement n'avait pas été la conséquence mais bien la cause de la rupture de l'essieu. La machine déraillée avait été soutenue pendant son trajet de près de 100 mètres par les roues de devant en partie renversées.

*Les machines locomotives à châssis extérieur sont donc tout aussi sûres, si ce n'est moins dangereuses, que celles à châssis intérieur.*

L'usage du cadre et des boîtes à graisse intérieurs ont d'ailleurs l'inconvénient de forcer à donner aux fusées un plus grand diamètre nécessaire pour conserver aux essieux une force suffisante, d'où il résulte que le travail du frottement est augmenté d'une manière très-sensible. Cette disposition a encore l'inconvénient d'augmenter la tendance de la machine au mouvement oscillatoire latéral (mouvement de lacet), par suite du peu d'assiette qui est la conséquence du faible écartement des boîtes à graisse. Enfin l'emploi des longerons intérieurs réduit l'espace laissé à la chaudière et au mécanisme. Il force non-seulement ainsi à diminuer la largeur de la boîte à feu, mais encore le diamètre du corps cylindrique, et à entasser toutes les pièces du mécanisme logées sous la chaudière.

**Cylindres extérieurs, avantages et inconvénients.** — L'emploi des cylindres extérieurs a principalement pour objet d'éviter l'essieu coudé, pièce très-difficile à fabriquer. On a reproché aux cylindres extérieurs de se refroidir plus facilement et aux manivelles extérieures qui en sont la conséquence d'occasionner un grand mouvement de lacet. Les cylindres extérieurs sont en outre, dans le cas d'un seul châssis, très-difficiles à fixer; ils ne sont attachés qu'aux bâtis avec un très-grand porte à faux, et ils doivent être placés complètement en avant des roues, ce qui, dans certains cas, charge trop l'avant, si les roues ont un diamètre un peu grand.

Enfin ils rendent difficile l'agencement des bielles dans les machines à roues accouplées.

On en prévient le refroidissement en enveloppant le cylindre de substances non conductrices de la chaleur, et on annule pour ainsi dire le mouvement de lacet en faisant un usage judicieux des contrepoids. Les cylindres extérieurs ont sur les cylindres intérieurs l'avantage d'être plus faciles à visiter et à réparer.

La plupart des ingénieurs anglais ont conservé les cylindres intérieurs et l'essieu coudé dans les machines à voyageurs, aussi bien que dans celles à marchandises. De ce nombre il faut citer M. Stephenson, qui, abandonnant son modèle de 1845 pour revenir à l'ancien modèle de Sharp-Roberts ou à peu près, a envoyé à la grande Exposition française de 1855 une machine à voyageurs avec essieu coudé et châssis extérieur.

D'autres ingénieurs, tels que M. Polonceau, rejettent l'essieu coudé pour les machines à voyageurs devant marcher à grande vitesse, mais le conservent pour celles à marchandises et pour les machines mixtes.

Anciennement, lorsque les machines locomotives étaient plus légères et qu'elles étaient presque uniquement appliquées à remorquer des trains légers de voyageurs, les essieux coudés des machines à cylindres intérieurs duraient fort longtemps et effectuaient des parcours de plus de 200,000 kilomètres avant leur mise hors de service. Mais, depuis que les grandes lignes sont en exploitation, les essieux coudés, appliqués surtout aux machines à marchandises, ont moins bien résisté; un grand nombre se sont rompus, et, malgré les efforts des fabricants pour améliorer leurs produits, ils cassent encore. Au chemin de l'Est, après neuf années d'exploitation, plus de 80 essieux coudés ont été remplacés. Le parcours moyen des essieux cassés a été de 91,000 kilomètres. Plusieurs lignes ont maintenant des essieux coudés en acier fondu de M. Krupp. MM. Petin, Gaudet et compagnie en ont aussi livré quelques-uns. L'acier fondu est incontestablement supérieur au fer pour la fabrication des essieux coudés, mais il est encore extrêmement coûteux en France.

Aux chemins de fer de l'Est, nous rejetons l'essieu coudé d'une

manière absolue pour toute espèce de machine. Nous avons reconnu qu'en général les essieux coudés en fer, quelque bien fabriqués qu'ils soient, se rompent après un certain temps d'usage beaucoup plus facilement que les essieux droits.

**Mécanisme intérieur, inconvénients.** — Nous ne saurions approuver la disposition du mécanisme du type Sharp-Roberts (fig. 458). Nous avons déjà fait observer que l'espace manquait pour le loger convenablement quand on fait usage du châssis intérieur. Nous ajouterons qu'il est alors plus difficile à visiter et à entretenir que s'il se trouve à l'extérieur, comme dans les machines Crampton.

Nous critiquerons également la mise en mouvement des pompes par les excentriques de la marche en arrière. La communication directe du mouvement des pistons des machines à vapeur aux pistons des pompes de Sharp-Roberts, en liant les tiges de ces pistons à ceux des pompes par des entretoises, est plus simple et entraîne une perte de force moins grande.

**Tiroirs horizontaux et verticaux.** — La table des tiroirs, dans les anciennes machines de Sharp-Roberts, est placée horizontalement au-dessus du cylindre; c'est ce qu'on appelle des tiroirs horizontaux. Stephenson, dans ses premières machines à cylindres extérieurs, les a placés verticaux à l'intérieur.

Les tiroirs horizontaux de Sharp-Roberts nécessitent une transmission de mouvement très-compiquée que l'on évite au moyen des tiroirs verticaux de Stephenson. Cette simplification du mécanisme dans les machines Stephenson doit être incontestablement considérée comme une grande amélioration.

**Type du chemin de Lyon, 1846.** — Au chemin de Lyon on a adopté en 1846 pour le service des voyageurs un modèle intermédiaire entre le modèle Sharp-Roberts et le modèle Stephenson, modèle dans lequel on a cherché à éviter les inconvénients des deux systèmes.

Dans le modèle de Lyon (fig. 462), le corps cylindrique de la chaudière a 5<sup>m</sup>,41 de longueur, intermédiaire entre la longueur de la chaudière Sharp-Roberts (2<sup>m</sup>,45) et la longueur de la chaudière Stephenson 1845 (5<sup>m</sup>,95).

L'essieu placé en avant de la boîte à feu dans la machine Ste-

phenson est en arrière de cette boîte, comme dans le modèle Sharp-Roberts.

Les cylindres sont extérieurs, comme dans le modèle Stephenson.

Ce modèle a été depuis lors modifié, surtout en ce que la capacité du réservoir de vapeur, qui était insuffisante, a été augmentée.

**Type du chemin du Nord.** —

Au chemin du Nord on a déplacé l'essieu qui se trouvait en avant de la boîte à feu dans un grand nombre de machines Stephenson, modèle de 1845 (fig. 463), à l'origine de l'exploitation, en le transportant à l'arrière, et on a annulé le mouvement de lacet en équilibrant le poids des pièces à

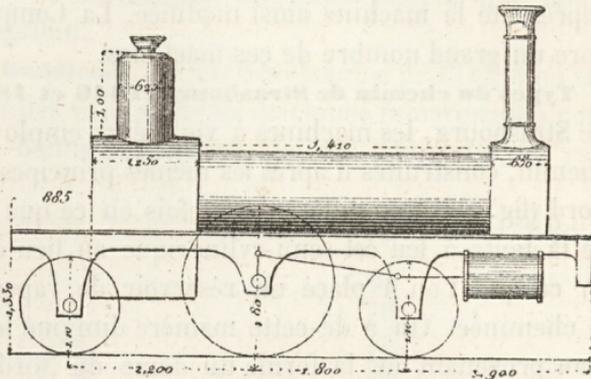


Fig. 462. — Machine du chemin de Lyon.

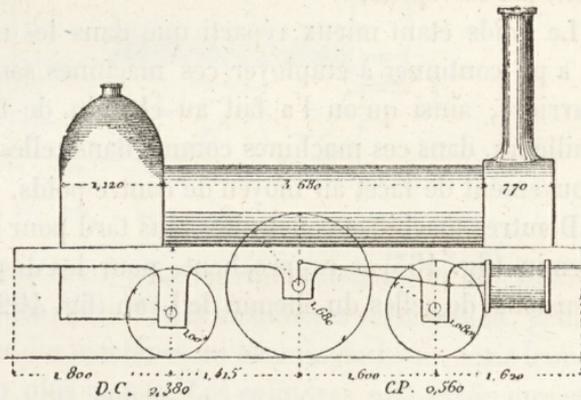


Fig. 463. — Ancienne machine du Nord.

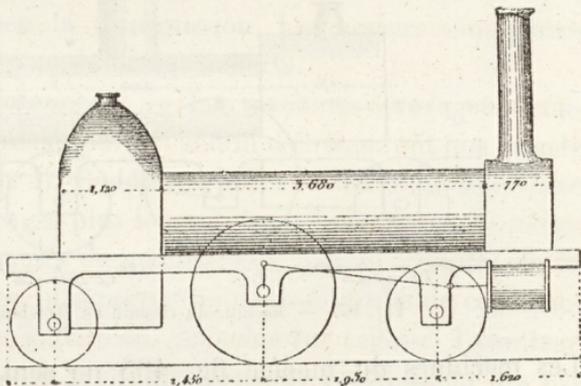


Fig. 464. — Nouvelle machine du Nord.

l'aide d'un système de contre-poids convenablement calculés, sans

du reste rien changer aux autres parties de la machine. La figure 464 représente la machine ainsi modifiée. La Compagnie possède encore un grand nombre de ces machines.

**Types du chemin de Strasbourg (1846 et 1848).** — Au chemin de Strasbourg, les machines à voyageurs employées à l'origine du chemin, construites d'après les mêmes principes que la machine du Nord (fig. 463), en diffèrent toutefois en ce que le dôme au-dessus de la boîte à feu est semi-cylindrique au lieu d'être pyramidal et en ce que l'on a placé un réservoir de vapeur spécial près de la cheminée. On a de cette manière diminué les chances d'explosion provenant de la forme du dôme du Nord, réduit la charge sur l'essieu d'arrière et la quantité d'eau entraînée mécaniquement par la vapeur.

Le poids étant mieux réparti que dans les machines du Nord, on a pu continuer à employer ces machines sans déplacer l'essieu d'arrière, ainsi qu'on l'a fait au chemin de fer du Nord. On a d'ailleurs, dans ces machines comme dans celles du Nord, annulé le mouvement de lacet au moyen de contre-poids.

D'autres machines construites plus tard pour le service du même chemin (fig. 465) se rapprochent, pour les dispositions et les dimensions, de celles du chemin de Lyon (fig. 462).

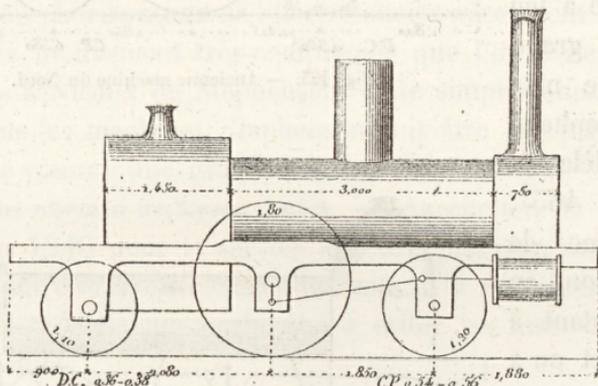


Fig. 465. — Machine du chemin de Strasbourg.

Ces machines du modèle fig. 465 ne sont généralement pas assez puissantes pour le service des trains omnibus des chemins de l'Est. Aussi la Compagnie, depuis cinq ans, a-t-elle commandé,

exclusivement pour ce service, des machines mixtes, que nous décrirons un peu plus loin.

**Type de l'Ouest Buddicom.** — Sur les chemins de l'Ouest on se sert, pour le service des voyageurs, de machines remarquables par leur légèreté et la bonne répartition de leur poids sur les essieux.

Ces machines (fig. 466), construites sur les types de M. Buddi-

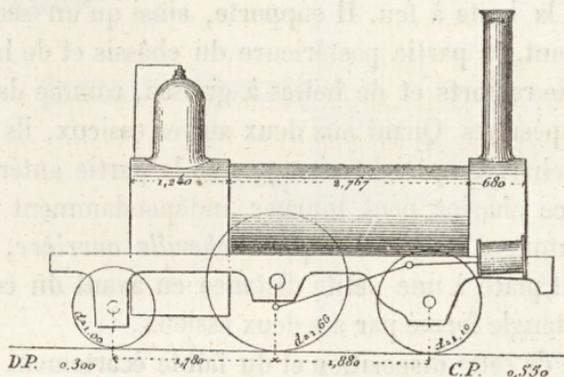


Fig. 466. — Machine de l'Ouest.

com, ont un châssis intérieur pour les roues motrices et un châssis extérieur pour les petites roues. Leurs chaudières ressemblent, pour la disposition, à celles des machines du chemin de Lyon, mais leurs tubes sont beaucoup plus courts. Les cylindres sont extérieurs et inclinés, les tiroirs horizontaux et placés au-dessus des cylindres, ce qui complique un peu la transmission. Les essieux sont placés comme dans les machines de Sharp Roberts.

**Type d'Orléans Polonceau.** — Les machines à voyageurs construites par M. Polonceau pour le chemin d'Orléans ont une grande analogie avec celles de M. Buddicom. Elles en diffèrent cependant en ce que la chaudière est plus longue; les cylindres sont horizontaux et les tiroirs disposés de manière à permettre l'emploi de la coulisse. Ces machines, plus puissantes et plus simples de construction que les machines Buddicom, ont aussi sur celles-ci l'avantage d'éviter le mouvement de galop provenant de l'inclinaison des cylindres.

**Type des machines américaines.** — Sur les chemins améri-

cains et sur quelques chemins allemands, le rayon des courbes est trop petit pour permettre le passage des machines décrites précédemment, dans lesquelles l'écartement des essieux extrêmes est d'au moins 5 mètres. On emploie sur ces chemins des machines du modèle fig. 467.

La machine, y compris le tender, porte alors sur huit roues ou quatre essieux parallèles deux à deux. L'essieu moteur est placé à l'arrière de la boîte à feu. Il supporte, ainsi qu'un second essieu placé en avant, la partie postérieure du châssis et de la chaudière au moyen de ressorts et de boîtes à graisse, comme dans les machines européennes. Quant aux deux autres essieux, ils font partie d'un petit chariot spécial qui supporte la partie antérieure de la machine; ce chariot peut tourner indépendamment du châssis principal autour d'un boulon appelé *cheville ouvrière*, fixé sur la chaudière et placé à une petite distance en avant du centre de figure du rectangle formé par ses deux essieux.

Il résulte de cette disposition et du faible écartement des essieux de devant, que ces machines passent sans difficulté dans des courbes de beaucoup plus petit rayon que celles que peuvent parcourir les machines européennes, et que cependant elles ne sont pas sujettes à sortir de la voie, dans laquelle les maintiennent les quatre roues de derrière.

Afin d'éviter les graves accidents qui pourraient résulter de la rupture d'un des essieux de devant, on suspend le cadre de l'avant-train au châssis de la machine par des chaînes. La machine ne sort pas immédiatement de la voie et le mécanicien a le temps de s'arrêter avant qu'un accident soit arrivé.

La petitesse du diamètre des roues d'avant des machines américaines est un obstacle à une marche rapide. Nous avons cependant en Allemagne, avec des machines de cette espèce dont on avait agrandi les roues, atteint des vitesses de 60 à 65 kilomètres à l'heure. On leur reproche aussi de ne pouvoir traîner des charges considérables malgré la grandeur de la chaudière, parce que, les roues étant de diamètre différent, on ne peut les accoupler et obtenir une grande adhérence. Mais cette objection s'applique plutôt aux machines américaines à marchandises qu'aux machines à voyageurs.

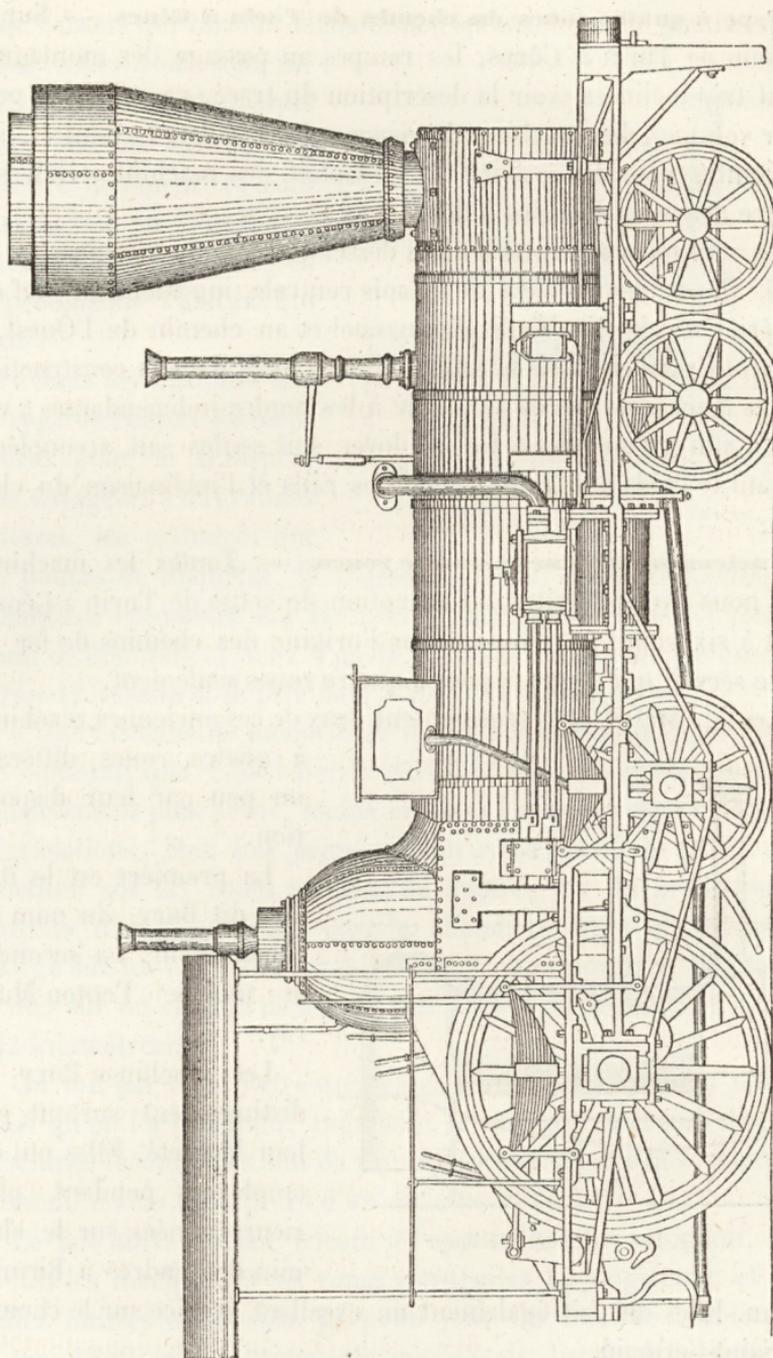


Fig. 467. — Machine à voyageurs américaine.

**Type à quatre roues du chemin de Turin à Gènes.** — Sur le chemin de Turin à Gènes, les rampes au passage des montagnes étant très-inclinées (voir la description du tracé, page 258 du premier volume), les machines à voyageurs ordinaires eussent été insuffisantes pour les gravir. On y emploie des machines-tenders à quatre roues attelées dos à dos.

Un seul mécanicien peut alors desservir les deux machines.

M. Meyer, ancien élève de l'École centrale, ingénieur en chef du matériel au chemin Victor-Emmanuel et au chemin de l'Ouest, a introduit plusieurs améliorations importantes dans la construction de ces machines. Il s'est appliqué à les rendre indépendantes à volonté, afin qu'on puisse les employer soit seules soit accouplées, suivant le poids des trains, l'état des rails et l'inclinaison du chemin.

**Anciennes machines à quatre roues.** — Toutes les machines que nous avons décrites, à l'exception de celles de Turin à Gènes, sont à six roues au moins. Dans l'origine des chemins de fer on ne se servait que de machines à quatre roues seulement.

Les fig. 468 et 469 représentent deux de ces anciennes machines

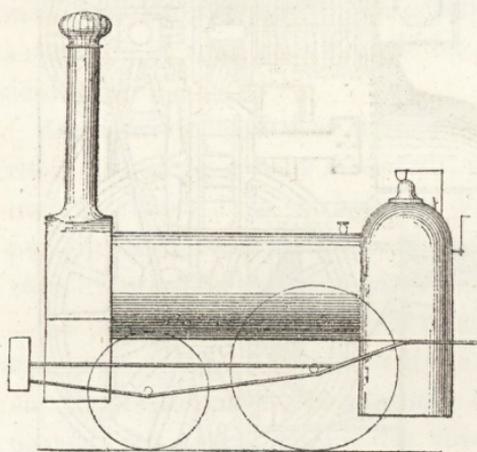


Fig. 468. — Machine de Bury.

à quatre roues, différant un peu par leur disposition.

La première est le modèle dit Bury, du nom du constructeur. La seconde, le modèle Fenton-Murray.

Les machines Bury se distinguaient surtout par leur légèreté. Elles ont été employées pendant plusieurs années sur le chemin de Londres à Birmingham.

Elles ont fait également un excellent service sur le chemin de Saint-Germain.

**Avantages respectifs des machines à quatre ou à six roues.** —

Les raisons qui ont fait abandonner les machines à quatre roues pour celles à six sont indiquées dans une lettre que nous écrivait en 1837 le célèbre ingénieur et constructeur de machines Robert Stephenson ; nous en reproduisons l'extrait qui suit :

« Dans les machines que je regarde comme les meilleures pour le transport des voyageurs à de grandes vitesses, les cylindres ont 12 pouces de diamètre, la course du piston est de 18 pouces. La chaudière est portée sur *six roues*, dont quatre ayant 3 pieds et demi de diamètre et deux 5 pieds. Le poids de la machine est d'environ 11 tonnes et le prix de 1,450 livres sterling.

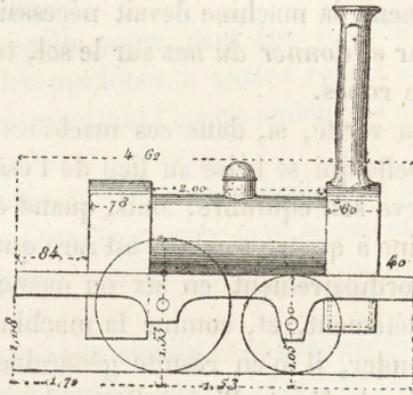


Fig. 469. — Machine Fenton-Murray.

« Une machine de même force nominale portée sur quatre roues ne coûterait que 1,300 livres sterling ; mais la chaudière serait sensiblement plus petite, moins solide et beaucoup plus sujette aux dégradations. Mon but principal, en répartissant le poids de la machine sur six roues au lieu de quatre, est de m'assurer les moyens d'employer une grande chaudière sans augmenter la charge sur les rails. Ces machines peuvent remorquer 100 tonnes brutes sur un chemin de niveau à la vitesse de 20 milles à l'heure (32 kilomètres). »

On voit par cette lettre que les constructeurs anglais n'ont pas, ainsi qu'on l'a prétendu, augmenté, le nombre des roues dans les machines locomotives afin de prévenir les accidents qui pourraient survenir en cas de rupture d'un essieu.

Le fait suivant vient encore à l'appui de cette assertion. Dans toutes les machines à six roues construites en Angleterre et dans celles imitées en France jusqu'au jour du terrible accident du 8 mai 1842 (rive gauche), le poids était distribué de telle manière, que le centre de gravité de l'appareil se trouvait en avant de

l'essieu moteur placé entre les deux autres. Si donc l'essieu d'avant placé sous la boîte à fumée venait à se briser et à se détacher complètement, la machine devait nécessairement basculer sur l'essieu moteur et *donner du nez* sur le sol, tout comme si elle avait été à quatre roues.

A la vérité, si, dans ces machines à six roues, c'est l'essieu à manivelle qui se brise au lieu de l'essieu de devant, la chaudière conserve son équilibre. Mais, quand cette rupture a lieu dans une machine à quatre roues, il est rare que l'essieu coudé, qui est soutenu ordinairement en six ou même en huit points, se détache complètement, et, comme la machine est soutenue en outre par son tender, il n'en résulte généralement rien de grave. Sur le chemin de Montpellier à Cette, la rupture d'un grand nombre d'essieux coudés n'a pas occasionné le moindre accident, quoique les machines fussent à quatre roues.

Après l'accident du 8 mai, l'on a construit beaucoup de machines dans lesquelles le centre de gravité se trouvait entre l'essieu moteur et l'essieu d'arrière au-dessus de l'essieu du milieu; mais on s'est bientôt aperçu que cette disposition, qui pouvait convenir pour des machines marchant à des vitesses modérées, était dangereuse pour les grandes vitesses.

En effet, la charge supportée par l'essieu d'avant devenait insuffisante, et les soubresauts violents auxquels il était soumis le faisaient sortir de la voie. L'on avait cherché à obvier à cet inconvénient en faisant les ressorts des roues d'arrière très-rigides; mais ce moyen a été reconnu insuffisant, et l'on a fini par reporter le centre de gravité de la machine en avant de l'essieu moteur, et diminué ainsi les mouvements d'oscillation verticale, moins fâcheux dans les machines à six roues que dans celles à quatre.

Il n'y a que deux positions de la bielle, ses deux points morts, dans lesquelles son action soit dirigée dans le même sens que celle du piston; il en résulte des pressions obliques d'intensité variable sur les glissières. Dans les machines à six roues, l'effet de ces pressions obliques est peu sensible, à cause de la rigidité des ressorts des roues d'arrière; dans celles à quatre roues, au contraire, elles donnent lieu à un mouvement vertical d'oscillation autour de l'es-

sieu, mouvement qui non-seulement est fatigant pour ceux qui sont sur la machine, mais qui a de plus le grave inconvénient de pouvoir occasionner le déraillement.

Ce mouvement, que l'on appelle *galop*, peut être considérablement diminué, même dans les machines à quatre roues, si l'on écarte davantage les essieux en reportant l'essieu moteur à l'arrière de la boîte à feu.

Dans les anciennes machines à quatre roues, le galop est si prononcé, qu'une personne qui a l'oreille exercée peut aisément, sans voir une machine, distinguer à sa marche si elle est à quatre ou à six roues.

*Les machines à six roues (système anglais) sont donc préférables, sous bien des rapports, à celles à quatre roues, et elles sont les seules en usage aujourd'hui.* Mais le grand écartement de leurs essieux extrêmes, écartement qui tend toujours à augmenter, parce que l'on reconnaît les avantages des grandes surfaces de chauffe, rend leur passage à grande vitesse, dans les courbes de petits rayons, difficile, et même impossible quand ces rayons descendent au-dessous de certaines limites.

**Autre type Stephenson.** — Nous devons mentionner enfin, parmi les modèles abandonnés, la machine Stephenson à six roues avec les grandes roues en avant de la boîte à feu (fig. 470).

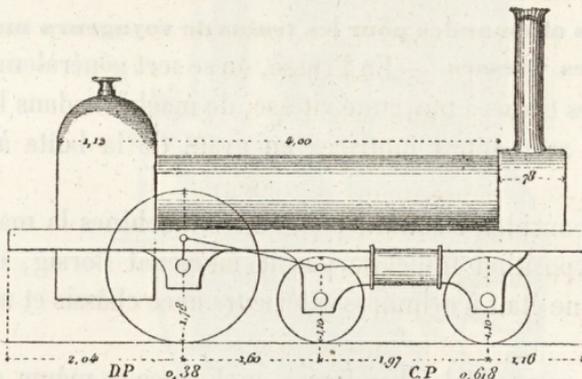


Fig. 470. — Machine Stephenson.

**Machines anglaises pour le service des voyageurs à moyenne vitesse.** — Un des modèles les plus répandus pour le service des

convois de voyageurs à moyenne vitesse, en Angleterre, est le dernier modèle de Stephenson, avec les roues motrices en avant de la boîte à feu et les autres roues en arrière de la boîte à feu et de la boîte à fumée, corps cylindrique de la chaudière de 5<sup>m</sup>,50 seulement de longueur, prise de vapeur sous un dôme à une certaine distance de la boîte à feu, châssis intérieur pour les roues motrices et extérieur pour les autres roues, comme dans les modèles Crampton, Buddicom et Polonceau, cylindres *intérieurs et essieu coudé, boîte à vapeur et mécanisme extérieur*.

Dans le modèle William Fairbairn et dans celui de Sharp, modèles employés également sur un grand nombre de chemins de fer de la Grande-Bretagne, la chaudière diffère peu de celle de Stephenson ; le corps cylindrique n'a que 3 mètres de longueur, les roues sont placées de la même manière et les cylindres sont également intérieurs, mais le châssis n'est plus le même. Un châssis extérieur repose sur les fusées des trois paires de roues, et des longerons intérieurs maintiennent l'essieu du milieu et l'essieu d'avant seulement. — Les boîtes à vapeur et le mécanisme sont intérieurs.

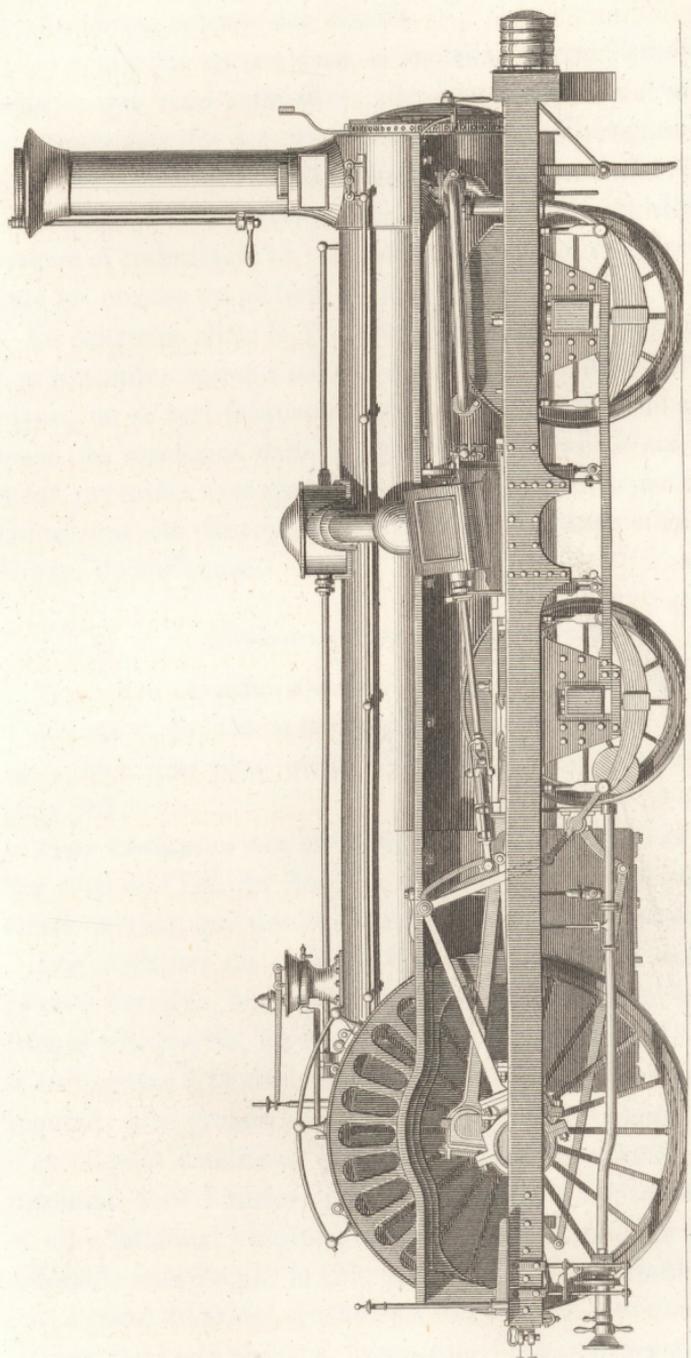
Dans les machines de John Gooch, les cylindres sont extérieurs, la chaudière semblable ou à peu près à celle de Fairbairn, les roues disposées de la même manière que dans cette machine ; le châssis est du modèle Stephenson, et la boîte à vapeur ainsi que le mécanisme sont intérieurs.

**Machines allemandes pour les trains de voyageurs marchant à de moyennes vitesses.** — En Prusse, on se sert généralement, pour le service des trains à moyenne vitesse, de machines dans le système Stephenson avec roues motrices en avant de la boîte à feu et à fumée.

On peut considérer comme type de ces machines la machine envoyée à l'exposition française par le fabricant Borsig, de Berlin. Cette machine était à cylindres extérieurs avec châssis et mécanisme intérieurs.

Le dôme pyramidal, abandonné en France et même en Angleterre, a été conservé par Borsig.

Ces machines, d'une puissance médiocre, sont remarquables par leur extrême légèreté. — Cette légèreté tient surtout à l'emploi bien



GRAVE PAR OUDOUET FILS

*Machine locomotive de Crampton*

Fig. 471 bis.

entendu de l'acier fondu pour la fabrication de la plupart des pièces et à la bonne entente des détails.

On remarque encore dans la machine Borsig le système de suspension qui rend solidaires, par l'intermédiaire d'un balancier, les quatre ressorts des roues d'avant et du milieu, tandis que l'essieu d'arrière a un ressort transversal. La machine est en quelque sorte suspendue sur trois points. Les glissières des pistons sont quadruples et embrassent un coulisseau mobile qui remplace avec avantage les crosses de pistons ordinaires.

En Autriche, dans le Wurtemberg et dans le pays de Bade, où l'on rencontre souvent sur les chemins de fer des courbes de petit rayon, on se sert fréquemment, pour les convois de moyenne vitesse, de machines dans le système américain à *six roues seulement*, exécutées avec un soin tout particulier. Une partie de ces machines ont été fabriquées sur les plans de notre habile ingénieur Meyer, de Mulhouse.

*Machines marchant à de grandes vitesses.*

**Types des chemins d'Orléans et de l'Ouest.** — Sur les chemins d'Orléans et de l'Ouest on emploie pour les trains à grande vitesse, aussi bien que pour ceux à moyenne vitesse, le modèle décrit page 587.

**Type Crampton des chemins du Nord, de l'Est et de Lyon.** — Sur ceux de l'Est, du Nord et de Lyon, on ne fait usage, pour les trains express, que des machines du modèle Crampton.

Les machines du système Crampton (fig. 471) ont les grandes roues à l'arrière, le centre de gravité très-peu élevé, les essieux extrêmes très-écartés, un foyer de grande dimension, les cylindres et le mécanisme à l'extérieur (voir fig. 471 bis). Elles ont, par conséquent, une grande stabilité, une grande puissance, et sont dans d'excellentes conditions pour marcher à de grandes vitesses. Ces machines sont lourdes, puisqu'elles pèsent 50 tonnes, chargées, et elles fatiguent beaucoup la voie, soit à cause de la pression considérable exercée par la charge sur les roues d'avant (10 tonnes), soit à cause du grand écartement des essieux. Les essieux intermédiaires étant peu chargés, la machine Crampton peut être assimilée

à une machine à quatre roues. Les grandes roues des Crampton du chemin du Nord ont 2<sup>m</sup>,10 de diamètre, celles des Crampton du chemin de Strasbourg, 2<sup>m</sup>,50.

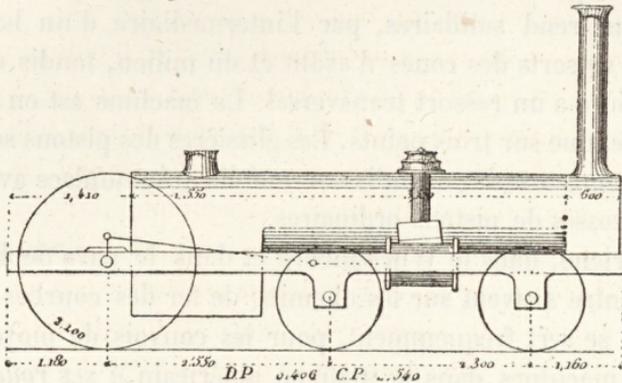


Fig. 471. — Machine Crampton.

L'expérience des machines du système Crampton, employées sur le chemin de fer du Nord, dit M. Lechatelier<sup>1</sup>, a démontré que ces machines, autant par le peu d'élévation du centre de gravité que par le grand écartement des supports extrêmes et la bonne répartition de la charge, se comportent d'une manière remarquable dans les accidents auxquels est soumis inévitablement le service des chemins de fer, tels que déraillements, collisions, etc. Dans beaucoup de circonstances où d'autres machines avaient été renversées sur le flanc, celles-ci sont restées debout sur les rails, sur la voie ou même sur les talus des remblais, et ont pu fournir la course nécessaire à l'amortissement de la force vive dont le convoi était animé. « C'est là, ajoute M. Lechatelier, dans ma pensée, un motif qui doit contraindre les constructeurs à s'ingénier pour abaisser le centre de gravité; c'est ce motif qui doit surtout faire proscrire l'usage des cylindres intérieurs et des essieux coudés dans les machines à grande vitesse. »

Les machines Crampton se distinguent encore par la grande dimension de leurs fusées, la solidité de leurs organes, et en particulier du châssis, et la facilité de la surveillance en marche.

Aux chemins de fer de l'Est et du Nord elles font un excellent service et exigent fort peu d'entretien.

<sup>1</sup> *Chemins de fer d'Angleterre en 1851.*

Au passage des courbes elles se fatiguent un peu plus que les autres machines à cause du grand écartement de leurs essieux extrêmes; mais elles n'augmentent pas considérablement, comme on le craignait, les frais d'entretien de la voie.

**Comparaison des types précédents.** — MM. Buddicom et Polonceau, qui, avons-nous dit, n'emploient pour les trains express que les machines figure 466, page 387, prétendent que, tout en ayant une stabilité suffisante, elles ne présentent pas, comme les machines Crampton, une roideur nuisible à la machine.

Les machines du chemin de Rouen, suivant M. Buddicom, font avec peu de force un service de trains assez chargés, et elles soutiennent une grande vitesse avec une extrême facilité. Pour un même service elles dépensent moins de force et sont par conséquent plus économiques que les machines Crampton.

Cette opinion de M. Buddicom est contestée surtout en ce qui concerne le prix élevé du service avec les machines Crampton.

**Type anglais Mac-Connell.** — En Angleterre, sur le chemin de Londres à Liverpool, on emploie pour les trains express des machines du modèle figure 472 (machines Mac-Connell).

Une de ces machines a été essayée sur le chemin du Nord. Nous devons à l'obligeance de l'ingénieur de la traction de ce chemin, M. Chobrzynsky, la communication du croquis fig. 472; dans cette machine le foyer est immense et les gaz achèvent de se brûler au delà du pont P, dans la partie du foyer la plus voisine du corps cylindrique de la chaudière, où l'on fait arriver quelquefois un courant d'air. Les tubes sont courts, mais ils sont nombreux et de petit diamètre. Malgré leur peu de longueur, l'air, suivant M. Chobrzynsky, en sortant de la boîte à fumée, est complètement dépouillé de sa chaleur et ils ne paraissent pas, malgré leur faible diamètre, s'obstruer trop facilement. Les houilles qui ne renferment pas au delà de vingt pour cent de matières volatiles et qui ne sont pas trop chargées de cendres, brûlent sans fumée sans qu'il soit nécessaire d'introduire de l'air frais au delà du pont P. Le foyer étant, ainsi que le montre la figure 472, séparé par un bouilleur, on ne charge jamais les deux demi-foyers en même temps, en sorte que, l'un d'eux produisant de la fumée,

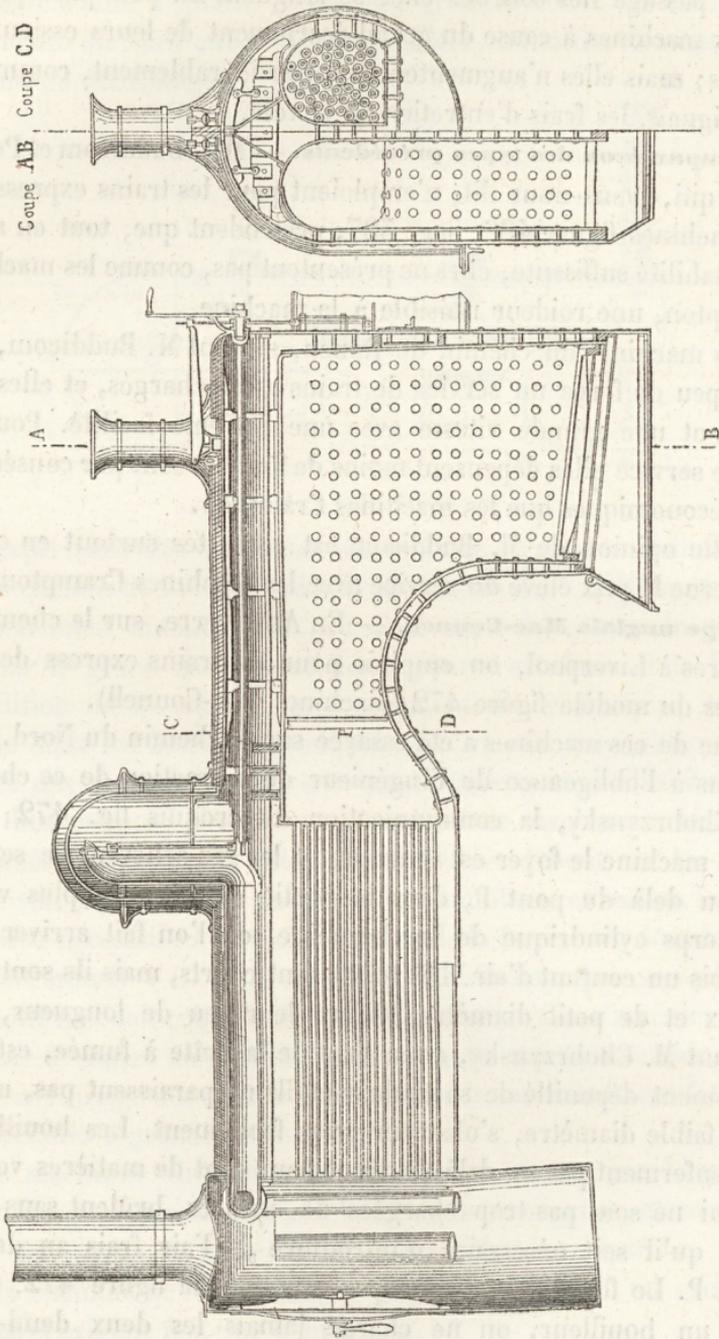


Fig. 472. — Machine Mac-Connell.

l'autre admet un excès d'oxygène qui sert à brûler cette fumée.

On parviendrait peut-être à brûler la fumée de houille renfermant une quantité de matières volatiles plus considérable en introduisant dans de certaines proportions de l'air pur au delà du pont P.

**Type Crampton modifié, ou type badois.** — M. Kessler a construit pour le service à grande vitesse des chemins de fer allemands, où les courbes sont d'assez faible rayon, des machines Crampton avec avant-train mobile, qui paraissent faire un assez bon service. On trouvera plus loin la description d'une de ces machines.

**Machines exposées à Londres.** — A l'Exposition universelle de Londres, on remarquait plusieurs machines dans le système Crampton, parmi lesquelles nous en citerons deux qui méritent une mention particulière.

Le *Lord-of-Isles* (fig. 473), machine express du Great-Western

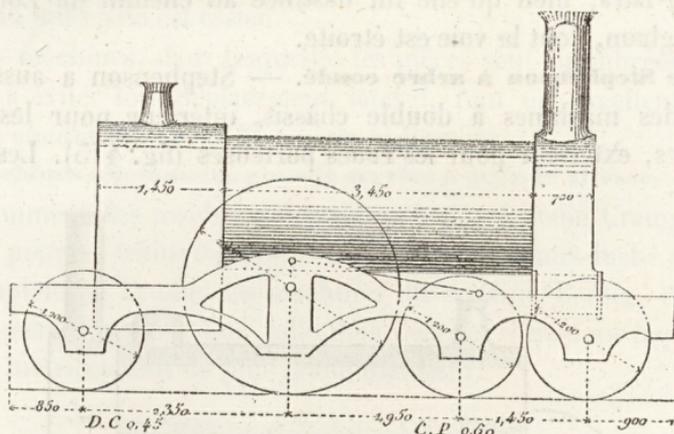


Fig. 475. — Machine express du Great-Western.

railway, chemin à large voie, attirait l'attention par ses dimensions extraordinaires. Cette machine porte sur quatre essieux, dont deux sont à l'avant de l'essieu moteur et le quatrième derrière la boîte à feu.

La *Liverpool* (fig. 474), construite par M. Bury, ne diffère des machines express du chemin du Nord que par les dimensions colossales des surfaces de chauffe et par le nombre des roues. Elle ne présente véritablement d'autre intérêt que celui qui s'attache à la

lutte entre la voie large et la voie étroite. C'est une machine dont les surfaces de chauffe étaient encore plus grandes que celles du

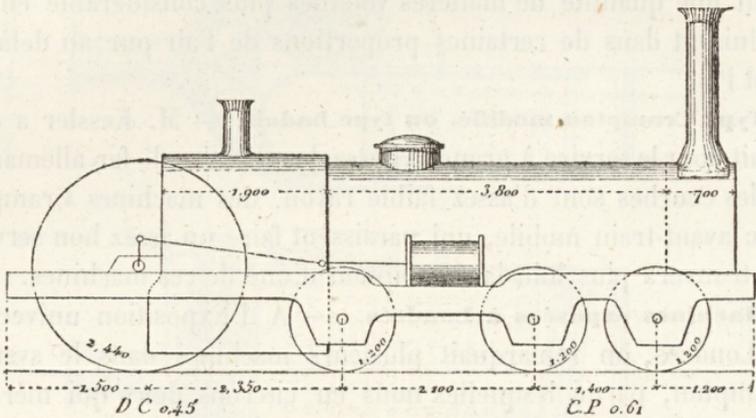


Fig. 474. — La *Liverpool* (chemin de Londres à Birmingham).

*Lord-of-Isles*, bien qu'elle fût destinée au chemin de Londres à Birmingham, dont la voie est étroite.

**Type Stephenson à arbre coudé.** — Stephenson a aussi construit des machines à double châssis, intérieur pour les roues motrices, extérieur pour les roues porteuses (fig. 475). Les roues

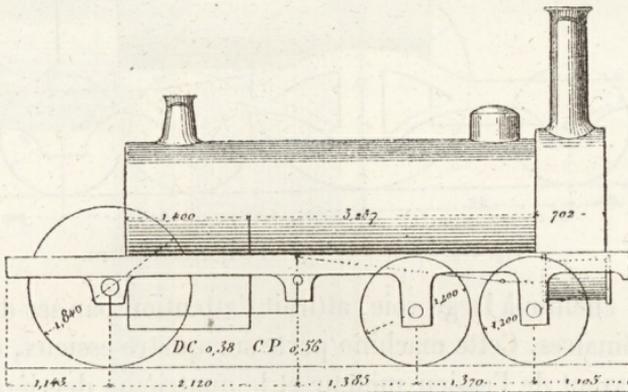


Fig. 475. — Machine à arbre coudé.

motrices, placées derrière le foyer, étaient alors accouplées au moyen de bielles de connexion avec un arbre coudé qui ne portait pas de roues. Cet arbre coudé recevait le mouvement du piston et portait

les excentriques. Les cylindres étaient intérieurs. Ce modèle a eu peu de succès.

**Machines anglaises pour les trains express.** — Outre les machines dans le système Buddicom, celles dans le système Crampton et les machines Mac-Connell, on emploie en Angleterre, pour les trains express, les machines à grandes roues de Hawthorn, différant peu, pour la disposition, de celles de Buddicom, et les machines Stephenson à trois cylindres. Dans ces dernières machines, dont nous donnerons plus loin une description complète, deux des cylindres sont placés extérieurement latéralement à la boîte à fumée, et les pistons, glissant dans ces cylindres, transmettent le mouvement aux roues du milieu au moyen de bielles et de manivelles extérieures; le troisième cylindre est placé à égale distance des cylindres extérieurs, et le piston glissant dans ce cylindre est en relation avec l'essieu des roues motrices à l'aide d'un coude ménagé au milieu de cet essieu.

Ces machines, dans lesquelles les pièces sont équilibrées de manière à éviter tout déplacement latéral, font un excellent service sur le chemin de York, Newcastle et Berwick.

**Machines allemandes pour le service à grande vitesse.** — Indépendamment des machines à train articulé, système Crampton, en usage pour les trains à grande vitesse dans le grand-duché de Bade, on emploie en Prusse des machines du système Borsig, disposées de la même manière que celle déjà décrite, mais dans laquelle les roues motrices sont de plus grand diamètre.

#### *Machines mixtes.*

Les machines mixtes aux chemins de fer de l'Est et sur d'autres lignes sont employées presque exclusivement au remorquage des trains de voyageurs, marchant à des vitesses moyennes. Les machines du modèle Stephenson, dont les trois paires de roues sont indépendantes, ne sont pas suffisamment puissantes pour traîner, dans la plupart des cas, les trains souvent très-chargés de nos grandes lignes, même sur des pentes de 5 millimètres, ou des trains moins lourds sur les fortes pentes des chemins suisses.

Ces machines servent aussi à la traction des trains mixtes, c'est-

à-dire des trains composés en partie de waggons à voyageurs et en partie de waggons à marchandises. C'est pourquoi nous les décrivons comme machines formant la transition entre les machines à voyageurs et les machines à marchandises.

**Type du Nord.** — La figure 476 représente le modèle des anciennes machines mixtes du chemin de fer du Nord.

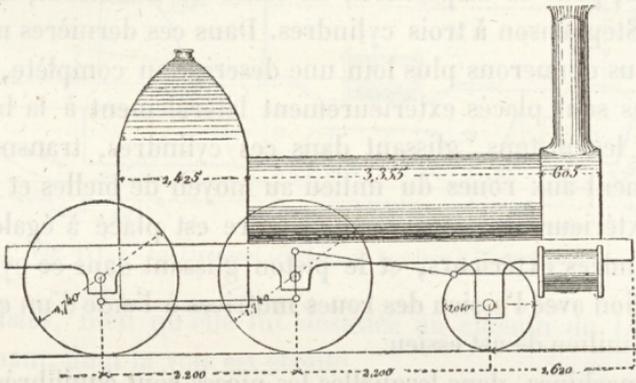


Fig. 476. — Ancienne machine mixte du Nord.

**Types de l'Est et de Lyon.** — La figure 477 représente les

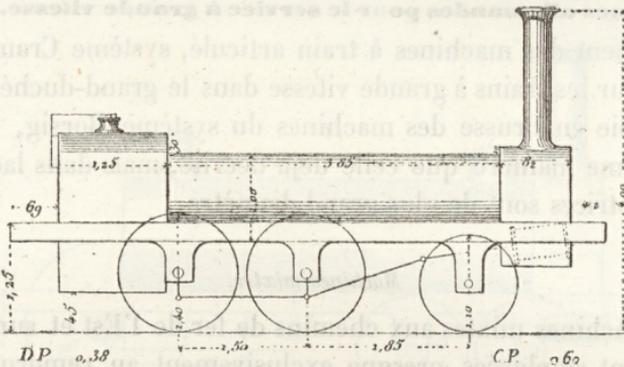


Fig. 477. — Machine mixte du chemin de Strasbourg.

machines mixtes du chemin de Strasbourg, et la figure 478, les machines mixtes du chemin de Lyon.

On remarque que dans le modèle du Nord et dans celui de Strasbourg les roues couplées sont à l'arrière et que dans celui de Lyon elles sont à l'avant. Dans le premier cas, elles sont moins chargées, ce qui est un défaut; d'un autre côté, avec les grandes roues à

l'avant, quelques ingénieurs redoutent une plus grande tendance au déraillement.

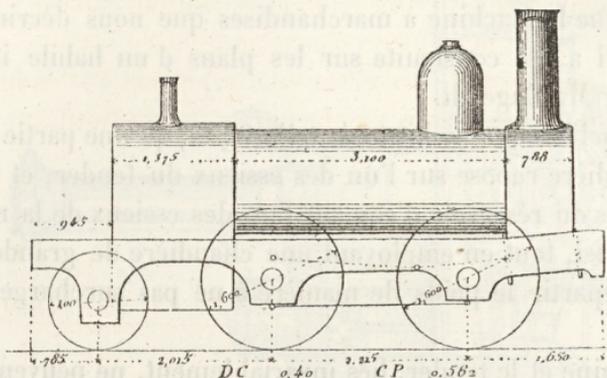


Fig. 478. — Machine mixte du chemin de Lyon.

**Types mixtes du chemin d'Orléans.** — Dans la machine que représente la figure 479, ce sont les roues d'arrière qui sont couplées, le châssis est extérieur, les cylindres intérieurs et les tiroirs

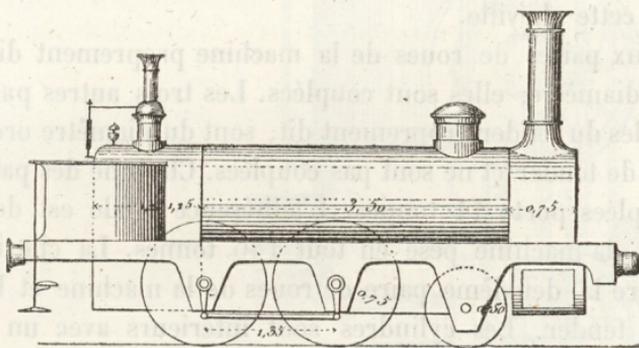


Fig. 479. — Machine mixte du chemin d'Orléans.

extérieurs. Les manivelles d'accouplement sont calées sur l'extrémité des essieux en dehors de la fusée; les trois essieux sont sous le corps du cylindre de la chaudière. M. Polonceau a obtenu une surface de chauffe très-grande en augmentant le diamètre de la chaudière et la largeur de la boîte à feu, par conséquent sans allonger sa machine outre mesure. De plus, les parties les plus délicates sont à l'extérieur et parfaitement à la portée du mécanicien. Les roues sont peu écartées ( $3^m,125$ ) et les essieux convenablement chargés.

**Nouveau type du Nord, système Engerth.** — Au chemin du Nord on emploie un système de machines mixtes fondé sur le même principe que la machine à marchandises que nous décrirons plus loin et qui a été construite sur les plans d'un habile ingénieur autrichien, M. Engerth.

Cette machine est combinée de telle façon, qu'une partie du poids de la chaudière repose sur l'un des essieux du tender, et une partie du poids du réservoir d'eau sur l'un des essieux de la machine. On a pu ainsi, tout en employant une chaudière de grande dimension, en répartir le poids de manière à ne pas surcharger les essieux.

La machine et le tender, liés invariablement, ne peuvent se rapprocher ni s'éloigner l'un de l'autre, mais une cheville ouvrière permet au tender de se déplacer dans les courbes d'un certain angle dans le plan horizontal indépendamment de la machine.

On trouvera plus loin, dans un article consacré spécialement à la description de la machine mixte du Nord, l'explication détaillée du jeu de cette cheville.

Les deux paires de roues de la machine proprement dite ont 4<sup>m</sup>,74 de diamètre; elles sont couplées. Les trois autres paires de roues, celles du tender proprement dit, sont du diamètre ordinaire des roues de tender et ne sont pas couplées. Chacune des paires de roues couplées porte 11 tonnes. L'adhérence totale est donc de 22 tonnes, la machine pèse en tout 146 tonnes. La cheville est placée entre la deuxième paire de roues de la machine et la première du tender. Les cylindres sont intérieurs avec un essieu coudé en acier fondu. On a dû renoncer aux cylindres extérieurs; parce que la machine eût été beaucoup trop chargée à l'avant, et que l'administration du chemin du Nord a admis en principe qu'elle ne voulait pas, au point de vue de la conservation de la voie, charger ses roues de machines de plus de 11 tonnes.

**Machine mixte du chemin de Sceaux.** — Nous avons vu que le principal reproche adressé au système des trains articulés de M. Arnoux était de s'opposer à l'emploi des machines puissantes. Il est vrai que pendant fort longtemps M. Arnoux n'a fait usage sur le chemin de Sceaux que de machines à essieux convergents peu

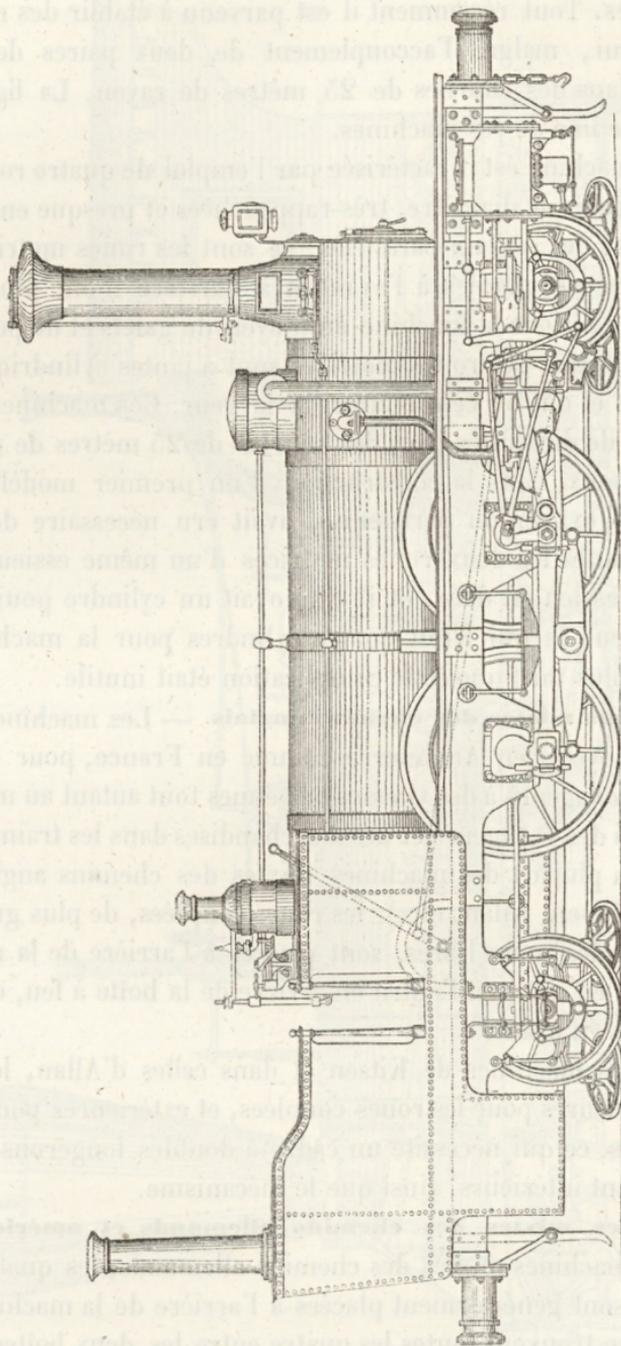


Fig. 480. -- Machine mixte du chemin de Scaux.

adhérentes. Tout récemment il est parvenu à établir des machines mixtes qui, malgré l'accouplement de deux paires de roues, passent dans des courbes de 25 mètres de rayon. La figure 480 représente une de ces machines.

Cette machine est caractérisée par l'emploi de quatre roues conjuguées égales de diamètre, très-rapprochées et presque en contact, portées par des essieux parallèles; ce sont les roues motrices. Des roues porteuses placées à l'avant et à l'arrière n'ont plus que la mission de diriger la machine au moyen de galets et de porter une partie du poids. Les roues motrices sont à jantes cylindriques *sans bourrelets* et ont 30 centimètres de largeur. Ces machines passent sans trop de difficultés dans des courbes de 25 mètres de rayon.

M. Arnoux, dans la construction d'un premier modèle qu'il a envoyé à l'exposition parisienne, avait cru nécessaire de rendre indépendantes les deux roues motrices d'un même essieu en coupant cet essieu en deux, et il employait un cylindre pour chaque demi-essieu, ce qui ferait quatre cylindres pour la machine. Il a reconnu plus tard que cette complication était inutile.

**Machines mixtes des chemins anglais.** — Les machines mixtes sont employées, en Angleterre comme en France, pour le transport des voyageurs à des vitesses moyennes tout autant au moins que pour celui des voyageurs et des marchandises dans les trains mixtes.

Dans la plupart des machines mixtes des chemins anglais (modèles de Kitsen, Allan, etc.), les roues couplées, de plus grand diamètre que les roues libres, sont placées à l'arrière de la machine, une paire en avant et l'autre en arrière de la boîte à feu, et les petites roues en avant.

Dans les machines de Kitsen et dans celles d'Allan, les fusées sont intérieures pour les roues couplées, et extérieures pour les petites roues, ce qui nécessite un cadre à doubles longerons. Les cylindres sont intérieurs, ainsi que le mécanisme.

**Machines mixtes des chemins allemands et américains.** — Dans les machines mixtes des chemins allemands, les quatre roues couplées sont généralement placées à l'arrière de la machine. Tantôt elles se trouvent toutes les quatre entre les deux boîtes, tantôt une paire est à l'arrière de la boîte à feu.

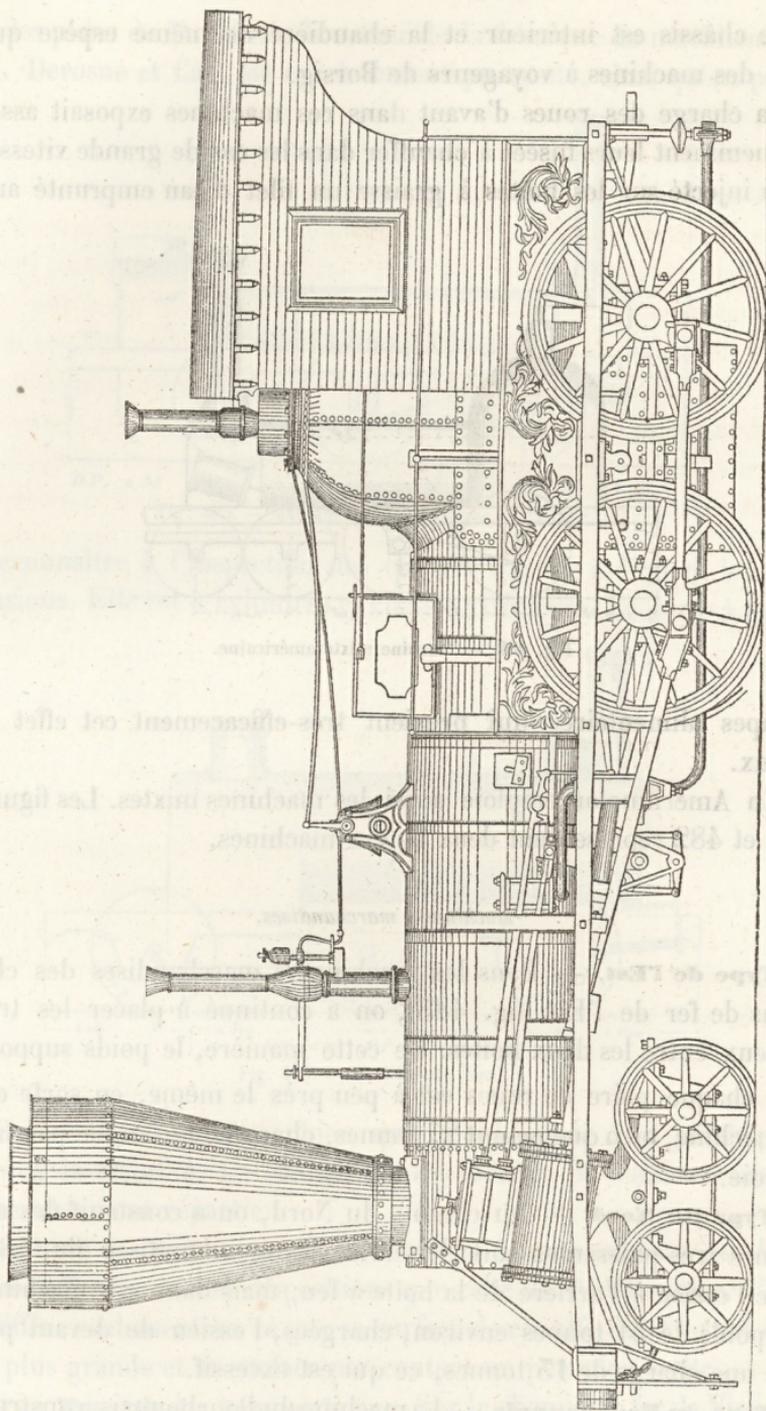


Fig. 481. — Machine mixte américaine.

Le châssis est intérieur et la chaudière de même espèce que celle des machines à voyageurs de Borsig.

La charge des roues d'avant dans ces machines exposait assez fréquemment leurs fusées à chauffer dans les cas de grande vitesse. On a injecté sur les boîtes à graisse un filet d'eau emprunté aux

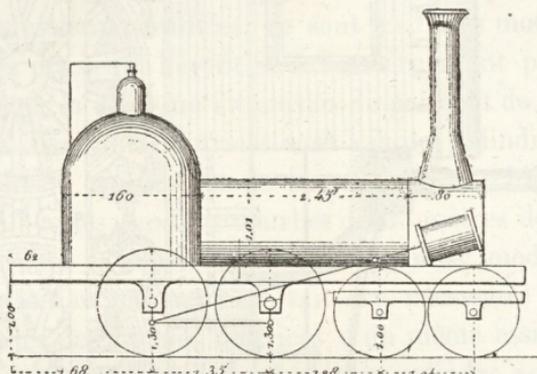


Fig. 482. — Machine mixte américaine.

pompes alimentaires qui prévient très-efficacement cet effet fâcheux.

En Amérique on emploie aussi les machines mixtes. Les figures 481 et 482 représentent deux de ces machines.

#### *Machines à marchandises.*

**Type de l'Est.** — Dans les machines à marchandises des chemins de fer de l'Est (fig. 483), on a continué à placer les trois essieux entre les deux boîtes. De cette manière, le poids supporté par chaque paire de roues est à peu près le même, en sorte que la machine, bien que pesant 27 tonnes, chargée, ne fatigue pas trop la voie.

**Type du Nord.** — Au chemin du Nord, on a construit des machines très-puissantes pour le service des marchandises (fig. 484), avec l'essieu à l'arrière de la boîte à feu; mais dans ces machines, du poids de 51 tonnes environ, chargées, l'essieu de devant portait une charge de 15 tonnes, ce qui est excessif.

**Type du Bourbonnais.** — La machine du Bourbonnais, construite

sur les plans de M. Houel, directeur de la fabrique de machines de MM. Derosne et Cail, est extrêmement puissante, ainsi qu'on peut

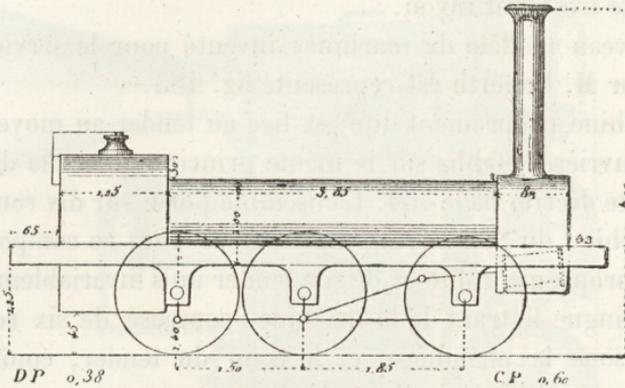


Fig. 483. — Machine à marchandises de l'Est.

le reconnaître à l'inspection des chiffres qui en indiquent les dimensions. Elle est à cylindres et châssis extérieurs. Le porte à faux

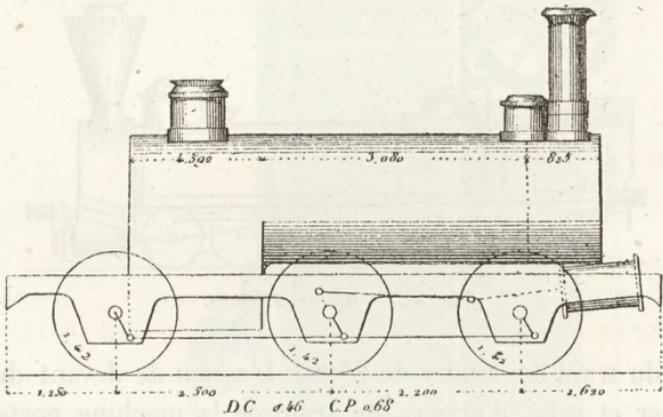


Fig. 484. — Machine du Nord.

sur les essieux extrêmes, bien que considérable, ne paraît pas nuire à la stabilité. La charge sur les essieux est d'ailleurs assez convenablement répartie.

**Machine des Ardennes.** — La machine à marchandises des Ardennes offre les mêmes dispositions que celle du Bourbonnais. Elle en diffère seulement en ce que sa surface de chauffe du foyer est un peu plus grande et sa surface par contact un peu plus petite.

**Type Engerth du Sommering.** — Sur le chemin de fer de Vienne

à Trieste on s'est trouvé dans l'obligation de traverser une chaîne de montagnes au moyen de fortes rampes combinées avec des courbes de très-petit rayon.

Le nouveau modèle de machines inventé pour le service de ce chemin par M. Engerth est représenté fig. 485.

La machine proprement dite est liée au tender au moyen d'une cheville ouvrière, établie sur le même principe que celle de la machine mixte décrite page 404. L'ensemble porte sur dix roues.

La machine du Sommering (fig. 485 et 486) se compose de la machine proprement dite et de son tender unis invariablement.

On distingue le train de la machine, composé de six roues accouplées sous la chaudière, et le train du tender, composé de quatre roues accouplées, dont deux supportent une portion du tender qui s'étend au-dessous de la chaudière. Les deux essieux extrêmes du train de la chaudière ne sont écartés que de 1 mètre

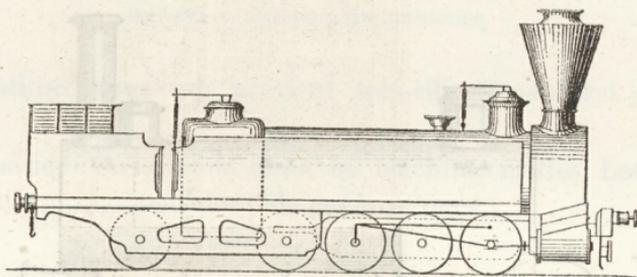
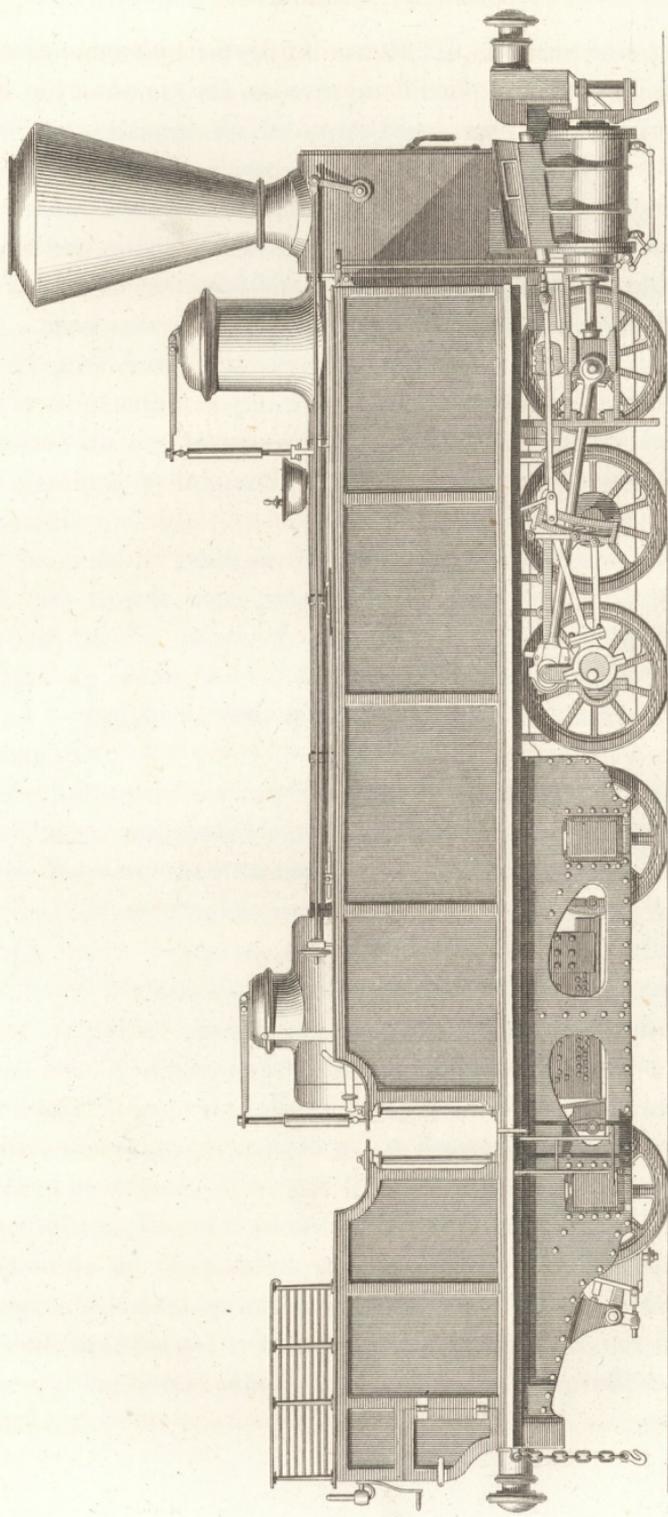


Fig. 485. — Machine Engerth.

et ceux du train du tender de 2<sup>m</sup>,69. L'essieu de devant du train du tender et celui d'arrière du train de la machine portent des roues dentées qui engrènent avec une roue intermédiaire fixée au train de la machine, en sorte que les dix roues se commandent et que cependant les deux trains peuvent tourner indépendamment l'un de l'autre dans le plan horizontal. C'est cette disposition, permettant aux machines Engerth de passer dans des courbes de petit rayon, qui caractérise cette machine. On peut au besoin, au moyen d'un embrayage, éviter d'employer l'appareil d'engrenage dans les parties du chemin où l'usage n'en est pas indispensable.

Nous indiquions dans notre première édition que l'engrenage



CHOCQUET FILS & C.

*Machine locomotive du Sammering (Système Engelth)*

Fig. 486.

faisait un excellent service. Il résulterait de nouveaux renseignements qui nous ont été envoyés par l'ingénieur en chef de la compagnie des chemins de fer autrichiens que la pratique n'a pas confirmé ce fait. Aussi supprime-t-on dans les nouvelles machines l'engrenage, mais on conserve la cheville ouvrière et l'on continue à placer une partie du réservoir du tender sur la machine, de manière à répartir convenablement le poids total sur ces roues.

On a aussi essayé, au passage du Sommering, des machines avec tender séparé dans lesquelles on avait établi la relation entre les roues de la machine et celles du tender au moyen de chaînes sans fin passant sur des disques à gorges fixés à l'essieu du tender et à celui d'arrière de la machine; mais ces chaînes se rompaient fréquemment.

Le poids de la machine Engerth est de 56 tonnes; mais il ne fatigue pas trop la voie, parce qu'il est distribué à peu près également sur les dix roues. La surface de chauffe, et, par suite, la puissance de ces machines, sont énormes. La charge qu'elles traînent est le double de celle que traînent les machines ordinaires à marchandises.

Les cylindres de ces machines sont extérieurs, le châssis est intérieur, le mécanisme est partie intérieur et partie extérieur.

**Type Engerth modifié sur les chemins français.** — Aux chemins de l'Est on emploie des machines très-puissantes du système Engerth, pour le service des marchandises. Elles diffèrent des machines du Sommering par la suppression de l'engrenage, par l'augmentation du nombre de roues, et enfin par les dimensions.

Dans ces machines, représentées plus loin, le nombre des roues est de douze. Toutes les roues ne sont pas de même diamètre, comme dans les machines du Sommering. Les deux paires de roues d'arrière sont de plus petit diamètre que les quatre paires d'avant. Ces dernières sont couplées et elles ont 1<sup>m</sup>,26 de diamètre, tandis que, dans les machines du Sommering, elles n'ont que 1<sup>m</sup>,16. Ces modifications apportées dans les machines françaises au modèle du Sommering sont motivées par la nature du service sur les lignes françaises, service qui exige une plus grande vitesse sur un profil moins accidenté.

On reproche au système Engerth appliqué aux machines à marchandises :

1° De créer une puissance qui cesse d'être en rapport avec l'adhérence si on renonce à l'engrenage;

2° D'exiger un entretien coûteux;

3° De ne pouvoir se plier aux exigences du service ordinaire des marchandises, qui oblige à charger et décharger les waggons dans les différentes stations intermédiaires;

4° La difficulté avec laquelle on désassemble le tender de la machine.

La machine Engerth, incontestablement, est peu susceptible d'application au service ordinaire des marchandises. « Son grand foyer, disent les auteurs du *Guide du mécanicien*, exige que la machine soit en marche pour dépenser la vapeur qui se produit, ou qu'elle soit au repos et bien capuchonnée, le feu couvert, le cendrier fermé, etc. Elle consomme beaucoup trop pendant les manœuvres de gare, et en outre les chocs et contre-chocs qu'elle supporte dans ces manœuvres ébranlent son mécanisme, à proximité duquel se trouve le point d'attache du tender et de la machine. » Mais la machine Engerth peut rendre et rend effectivement de grands services sur les chemins du Nord et de l'Est, en fournissant le moyen de traîner économiquement à de grandes distances des trains marchant à charge complète, tels que ceux de houille, etc.

Nous verrons plus loin, lorsque nous décrirons plus spécialement le modèle de la machine Engerth à marchandises employée aux chemins de fer de l'Est, comment ces machines se sont comportées sur ces chemins.

Quant à l'inconvénient que présente l'assemblage de la machine et du tender, il a été considérablement atténué dans les machines fabriquées au Creusot pour les chemins de l'Est et du Nord.

Plusieurs constructeurs, en tête desquels nous placerons M. Polonceau, rejettent complètement le modèle Engerth et espèrent parvenir à construire des modèles tout aussi puissants, plus simples de construction et beaucoup moins coûteux d'entretien.

**Machines à marchandises des chemins anglais.** — Les ma-

chines à marchandises des chemins anglais sont généralement à six roues couplées. Les trois essieux sont souvent placés entre les deux boîtes, comme dans le modèle fig. 483 (modèle de l'Est); quelquefois un des essieux est à l'arrière de la boîte à feu, comme dans l'ancienne machine du Nord (fig. 484).

Un seul constructeur, Allan, a établi des machines à marchandises à quatre roues couplées, comme le faisait anciennement M. Polonceau.

Les cylindres et le châssis, dans les machines à marchandises anglaises, sont généralement intérieurs.

Il ne paraît pas que sur aucun chemin anglais on fasse usage du système Engerth.

**Machines à marchandises des chemins allemands.** — Les machines à marchandises des chemins prussiens sont à six roues couplées dans le système Stephenson.

En Autriche, on emploie pour le service de la petite vitesse les machines américaines à huit roues, les machines Engerth et des machines à huit roues sur le modèle de celles du chemin de Vienne à Raab, qui a été envoyée à la grande exposition parisienne.

Dans cette machine, sortie des ateliers de M. John Haswell, de Vienne, le corps cylindrique repose sur quatre paires de roues couplées; le châssis est intérieur et le mécanisme extérieur.

Pendant longtemps des ingénieurs, même fort distingués, hésitaient à porter au delà de quatre le nombre des roues couplées, parce que, disaient-ils, avec trois ou quatre paires de roues couplées les glissements provenant de l'inégalité de diamètre devaient être bien plus sensibles qu'avec deux, et avoir pour conséquence non-seulement une augmentation de résistance, mais encore un accroissement dans l'usure des rails et des bandages. C'est M. Haswell qui a le premier, si nous ne nous trompons, osé coupler quatre paires de roues. Il est vrai qu'il a en même temps diminué les mauvais effets de l'usure des bandages en se servant de bandages en acier fondu au lieu de bandages en fer. Depuis lors on a, dans plusieurs nouveaux modèles, les Engerth à marchandises français, par exemple, et les machines à fortes rampes du Nord, suivi l'exemple de M. Haswell.

*Machines-tenders.*

On désigne sous ce nom toutes les machines dans lesquelles le réservoir d'eau et le magasin à coke, au lieu d'être portés sur un waggon spécial dit tender, comme dans les autres, font partie intégrante de la machine. Ces machines peuvent difficilement porter un approvisionnement considérable d'eau et de combustible.

**Machine-tender du chemin d'Orléans.** — La machine-tender du chemin d'Orléans, représentée et décrite plus loin, a été imitée par le chemin de l'Est. Cette machine est un excellent modèle pour le service des gares. Elle ne marche qu'à une petite vitesse, mais elle fonctionne dans toutes les courbes en démarrant rapidement.

Le mécanisme et les cylindres sont à l'intérieur. L'eau est renfermée dans une bûche sous le corps cylindrique et le coke dans deux caisses latérales contre la boîte à feu.

**Machine-tender du Midi.** — On a construit pour le chemin du Midi des machines-tenders de grandes dimensions, représentées

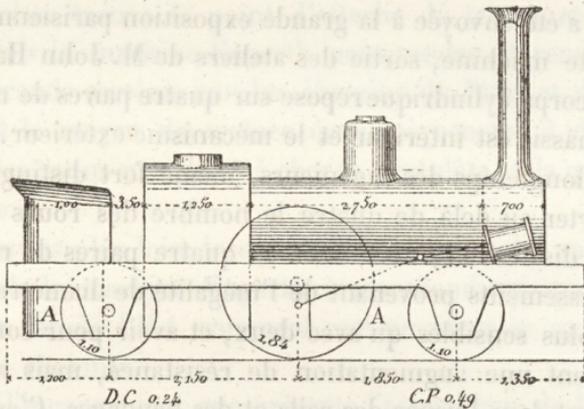


Fig. 487. — Machine du Midi.

figure 487. Ces machines étaient trop lourdes et beaucoup trop chargées à l'arrière.

La fig. 488 représente le modèle de la machine-tender employée pour le service des trains sur le chemin de fer de Saint-Germain.

**Machine-tender d'Autueil.** — La Compagnie de l'Ouest emploie



suffisantes sur les fortes pentes de certains embranchements du réseau du Nord et sur le chemin de ceinture.

Le poids mort de la machine devait être le plus faible possible; c'est pourquoi on a donné la préférence à la machine-tender : cette machine, dont l'approvisionnement est insuffisant pour de longs parcours, ne présente pas le même inconvénient si le parcours est réduit et si la vitesse est très-faible.

Pour obtenir une puissance suffisante, il fallait une surface de chauffe assez grande. On a obtenu une surface de 125 mètres carrés en élevant la chaudière au-dessus du bâti, de manière à dégager complètement la boîte à feu des longerons, ce qui a permis de lui donner une grande largeur et de placer une paire de roues en dessous.

La pression sur chaque paire de roues ne devant pas dépasser 11 tonnes, on a placé la chaudière sur quatre essieux, et, comme la machine devait passer dans des courbes de petit rayon, on a rapproché ces essieux autant que possible, ce qui n'a pu avoir lieu qu'en plaçant un des essieux au-dessous de la boîte à feu et en donnant aux roues 1<sup>m</sup>,06 seulement de diamètre. La petitesse de ce diamètre convenait du reste pour les petites vitesses auxquelles la machine devait marcher.

La caisse à eau a été logée en dessous de la chaudière, dans l'espace qui la sépare du bâti.

Les soutes à coke enfin sont disposées comme celles des machines de gare.

**Machines-tenders des chemins anglais.** — Les machines-tenders sont fort répandues en Angleterre, comme en France; elles y sont également affectées au service des gares et des lignes de petit parcours.

Un des meilleurs modèles est celui de Sharp frères, qui fait un excellent service sur plusieurs lignes, et notamment sur le chemin de Manchester à Birmingham.

Ces machines sont à six roues; une paire de grandes roues est placée en avant de la boîte à feu; les roues extrêmes, de plus petit diamètre, sont, comme dans les machines à voyageurs ordinaires, en arrière de la boîte à feu et de la boîte à fumée. Le réservoir se

trouve en partie sous le corps cylindrique et en partie sous la plaque en arrière du foyer. La prise de vapeur a lieu sous un dôme près de la cheminée. Les cylindres sont extérieurs, le châssis est intérieur. Les boîtes à vapeur et les excentriques sont intérieurs. Le frein est placé entre les roues d'arrière et les roues du milieu.

Stephenson a fait des machines-tenders à quatre roues. Les roues motrices sont en avant de la boîte à feu, les autres roues en arrière de la boîte à fumée. Les cylindres sont extérieurs, le châssis intérieur. Le réservoir est placé sous le corps cylindrique.

Sur le *Eastern counties railway*, on trouve des machines-tenders de John Gooch avec réservoir sous le corps cylindrique, roues motrices indépendantes en avant de la boîte à feu et de la boîte à fumée ; cylindres extérieurs et double châssis.

Les machines-tenders de Sinclair, sur le *Caledonian railway*, sont à peu près semblables à celles de John Gooch.

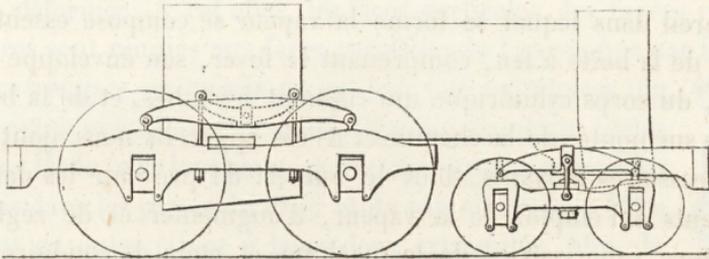


Fig. 489. — Machine de Daniel Gooch.

Daniel Gooch, sur le *Great western*, emploie une machine-tender (fig. 489) différant essentiellement de celles décrites précédemment. Cette machine est à huit roues : quatre grandes roues couplées sont placées à l'arrière, et quatre petites placées à l'avant. Les essieux qui portent ces dernières peuvent se tourner dans le plan horizontal indépendamment des essieux de derrière, exactement comme dans les machines américaines.

Les cylindres sont intérieurs, ainsi que le châssis. Le mécanisme est également intérieur. Le réservoir est placé sur le corps cylindrique de la chaudière, qu'il enveloppe en partie.

## DISPOSITIONS DE DÉTAIL DES MACHINES LOCOMOTIVES.

Nous venons de décrire les principaux organes dont se composent les machines locomotives, ainsi que les fonctions de chacun de ces organes; puis nous avons indiqué les caractères les plus saillants des nombreux types qui sont adoptés sur les chemins de fer.

Il nous reste maintenant à faire connaître les dispositions de détail de ces machines. Nous conserverons dans cette partie de notre travail l'ordre que nous avons suivi jusqu'ici : nous nous occuperons d'abord de l'appareil de vaporisation et de ses accessoires, puis du mécanisme moteur et de la distribution de vapeur, et nous terminerons par la description du train qui supporte l'ensemble de la machine.

Dans un article spécial, nous décrirons les tenders, qui forment une annexe indispensable de la machine locomotive.

**Appareil de vaporisation.** — Nous avons dit précédemment que l'appareil dans lequel se forme la vapeur se compose essentiellement de la boîte à feu, comprenant le foyer, son enveloppe et la grille, du corps cylindrique qui contient les tubes, et de la boîte à fumée surmontée de la cheminée. A ces appareils nous ajouterons les accessoires suivants, dont le but est de prévenir les dangers inhérents à l'emploi de la vapeur, d'augmenter et de régler la puissance vaporisatrice de la machine, et enfin de conduire cette vapeur aux cylindres.

Ces appareils sont :

Le cendrier et la grille de la boîte à fumée;

Les soupapes de sûreté, le manomètre, le niveau d'eau, les robinets d'épreuve, le sifflet;

Les robinets et tampons de vidange, le trou d'homme,

Le tuyau d'échappement, le registre de la boîte à fumée, les portes du cendrier et de la cheminée;

L'appareil de prise de vapeur.

**Foyer.** — Nous avons vu que les foyers des machines locomotives affectent la forme rectangulaire et qu'ils sont recouverts d'un dôme pyramidal ou semi-cylindrique, ou la forme circulaire avec

dôme sphérique, et nous avons déjà indiqué les avantages ou les inconvénients respectifs de ces deux formes de foyer. *En Europe la préférence est généralement donnée aux foyers rectangulaires, qui permettent d'obtenir les plus grandes surfaces de chauffe par rayonnement.*

Les matériaux qui sont employés pour la construction des foyers sont le fer et le cuivre rouge.

Le fer présente de nombreux inconvénients : il se détériore rapidement par l'action de la chaleur intense qu'il reçoit du combustible; et si, comme cela arrive fréquemment, il présente quelque défaut ou seulement une texture lamellaire, il se fissure et donne lieu à des fuites. *Quoique moins coûteux de premier établissement que ceux en cuivre, les foyers en fer sont aujourd'hui généralement abandonnés, à cause des réparations continuelles auxquelles ils donnent lieu.*

Toutes les parois planes du foyer doivent être solidement armées, afin qu'elles puissent résister à la pression de la vapeur qui tend à les déformer. A cet effet, les faces verticales des foyers rectangulaires sont réunies aux faces parallèles de l'enveloppe par le moyen d'*entretoises* en cuivre ou en fer. Ces entretoises (fig. 490) sont de petits cylindres de 2 centimètres de diamètre, filetés dans toute leur longueur et par conséquent assemblés à vis dans les parois du foyer et de son enveloppe. Elles sont en outre rivées à leurs deux extrémités, afin de présenter des joints parfaitement étanches.



Fig. 490.

Quelquefois on rive les entretoises à l'extérieur et on place des écrous en cuivre à l'intérieur.

L'écartement d'une entretoise à l'autre est généralement de 10 à 11 centimètres.

Une partie des constructeurs font leurs entretoises en fer, d'autres les font en cuivre. Il arrive souvent qu'il s'en casse un certain nombre sans qu'on s'explique bien clairement la cause de leur rupture. Pour éviter cet inconvénient, on a rapproché dans des machines récemment construites les entretoises à 9 centimètres, et on augmente leur diamètre de 20 à 21 et même 23 millimètres.

Les auteurs du *Guide* donnent la préférence aux entretoises en

cuire. Les entretoises en fer, disent-ils, peuvent se détruire avec une grande rapidité sans qu'il soit possible de s'en assurer autrement qu'en démontant le foyer.

Le ciel du foyer ne peut être armé de la même manière que les parois latérales, parce qu'il n'est parallèle à aucune partie de l'enveloppe. On le consolide au moyen d'armatures en fer forgé ou en tôle qui empêchent qu'il ne soit déformé et reportent la pression de la vapeur sur les faces verticales du foyer. Ces armatures affectent la forme parabolique : elles sont espacées généralement de 10 centimètres d'axe en axe et réunies au ciel lui-même par des boulons en fer ou en cuivre rouge qui sont filetés dans la plaque de ciel et s'appuient par le moyen d'un écrou sur les armatures.

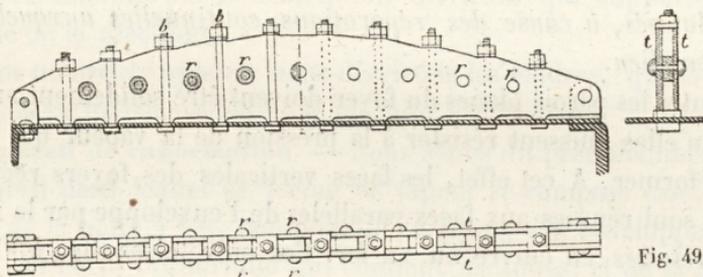


Fig. 491.

La figure 491 représente une armature de machine Crampton composée de deux feuilles de tôle *tt* reliées par des rivets *rr*.

Les parois du foyer se composent généralement de trois feuilles de cuivre. Deux de ces feuilles composent les parois antérieure et postérieure; elles sont pliées en cornières sur leur pourtour et sont réunies ainsi au moyen de rivets à la troisième, qui forme à la fois les deux parois latérales et le ciel. L'épaisseur de ces plaques est en général de 12 millimètres, sauf la plaque antérieure ou *tubulaire*, représentée en élévation et en coupe dans la figure 492, qui atteint, à l'endroit où la traversent les tubes, une épaisseur de 23 millimètres.

Le foyer est assemblé dans sa partie inférieure avec son enveloppe au moyen d'une cornière en bronze coulée d'une seule pièce (fig. 493) ou d'un cadre en fer (fig. 494). Cette dernière disposition paraît maintenant préférée. Un cadre analogue est inter-

posé entre les parois postérieures du foyer et de son enveloppe pour fermer la porte par laquelle on introduit le combustible.

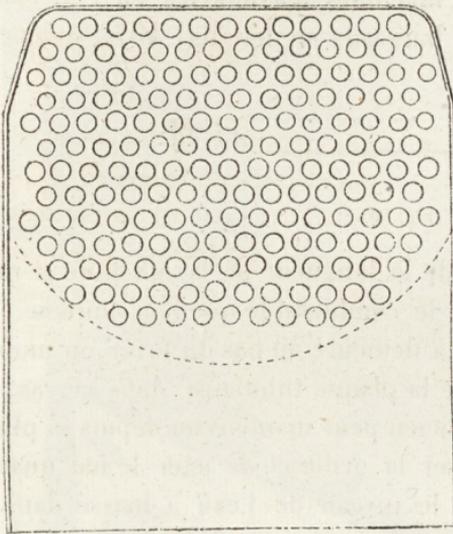


Fig. 492.

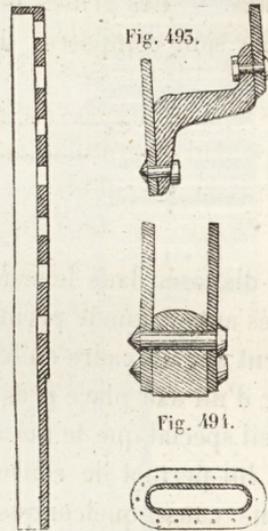


Fig. 495.

Fig. 491.

Fig. 496.

Afin d'augmenter la surface de chauffe des machines locomotives sans modifier leurs dimensions extérieures, on place quelquefois dans le foyer un *bouilleur*, sorte de tube dont la section est représentée dans les figures 495 et 496. Ce bouilleur est fixé tantôt en long, reliant la plaque tubulaire à la plaque de la porte, tantôt en travers, reliant les deux côtés du foyer. Dans les deux cas, son arête supérieure A est placée un peu plus bas que la rangée inférieure des tubes.

*Le bouilleur dans le foyer est très-usité en Angleterre, où le coke, d'une excellente qualité, brûle facilement sur des grilles de*

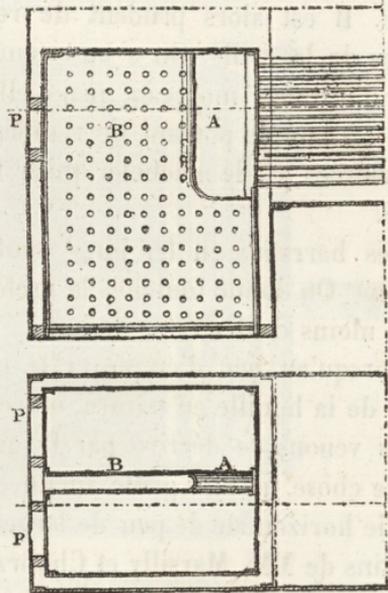


Fig. 496.

*petite surface. En France, où l'on se sert de charbons d'une qualité inférieure, on a cessé d'en faire usage.*

**Grilles.** — Les grilles des machines locomotives où l'on brûle du coke sont composées de barreaux en fer (fig. 497), indépen-

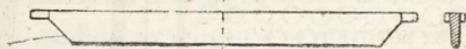


Fig. 497.

dants, disposés dans le sens de la longueur de la machine et rapprochés autant que le permet le combustible que l'on emploie. Ils reposent sur un cadre en fer à demeure au bas du foyer ou mobile autour d'un axe placé près de la plaque tubulaire; dans ce cas, un appareil spécial que le mécanicien peut manœuvrer depuis sa plateforme lui permet de renverser la grille et de jeter le feu quand, par une cause quelconque, le niveau de l'eau a baissé dans la chaudière de manière à la compromettre. Quand la longueur de la grille dépasse 1<sup>m</sup>,20, on la compose ordinairement de deux rangées de barreaux supportés par une traverse placée sous le milieu du foyer. Il est alors prudent de rendre mobile la moitié postérieure de la grille. On a aussi employé des grilles en fonte coulées d'un seul morceau; mais elles ont été abandonnées, parce qu'il est bon de pouvoir les remplacer par parties quand elles sont détériorées par le mâchefer qui se forme pendant la combustion du coke.

Les barreaux en fer forgé sont plus durables que ceux en fer laminé. On donne toutefois la préférence aux derniers, parce qu'ils sont moins coûteux.

Lorsqu'au lieu d'employer le coke comme combustible on se sert de la houille en nature, on remplace la grille horizontale que nous venons de décrire par la grille de M. Polonceau, qui n'est autre chose qu'une grille inclinée de l'arrière à l'avant sur une partie horizontale de peu de largeur dans le bas, ou par la grille à gradins de MM. Marsilly et Chobrzynsky.

**Grille Marsilly et Chobrzynsky.** — Nous empruntons la description suivante de la grille à gradins (fig. 498 et 499) à un excel-

lent Mémoire publié dans les *Comptes rendus de la Société des ingénieurs civils*, par M. Chobrzynsky :

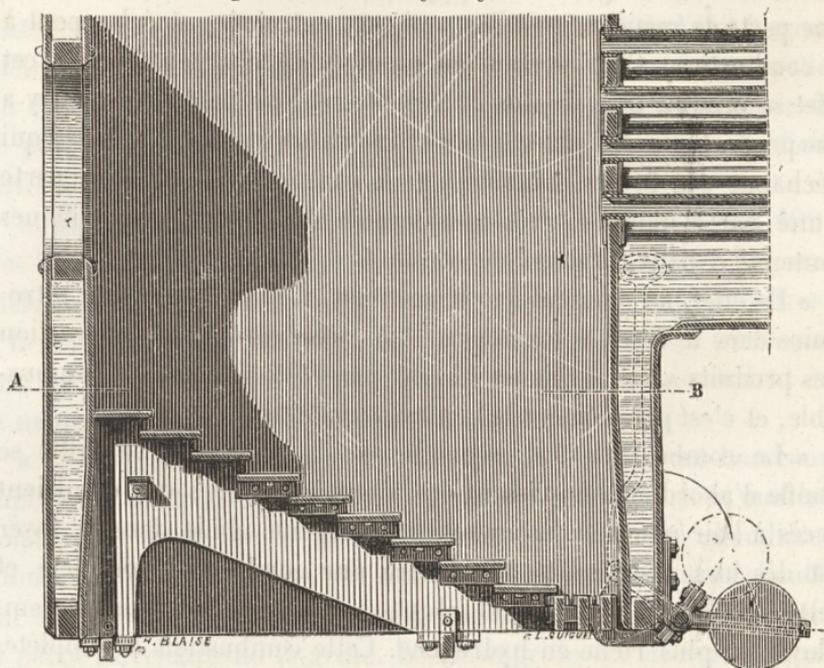


Fig. 498. — Coupe d'un foyer à grille Chobrzynsky.

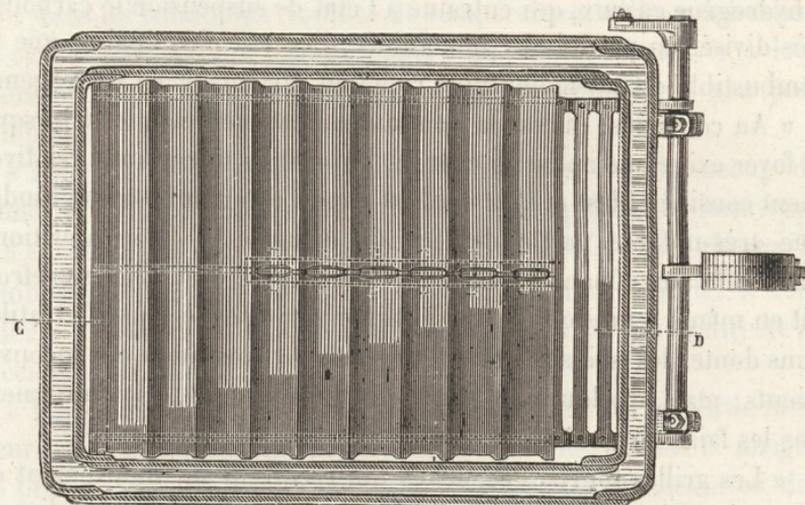


Fig. 499. — Plan d'un foyer à grille Chobrzynsky.

« La répartition et l'arrangement du combustible en couches

d'épaisseur uniforme sur toute la surface des grilles ordinaires donnent lieu à un grand développement de fumée, et, par suite, à une perte de matières volatiles, qui sont entraînées et échappent à la combustion. C'est surtout au moment du chargement que cet effet se produit avec le plus d'intensité, et l'on peut dire qu'il y a une proportionnalité directe entre l'inconfort due à la fumée qui s'échappe des foyers industriels et la consommation en pure perte d'une partie toujours très-considérable des éléments calorifiques contenus dans le combustible employé.

« En effet, au moment du chargement, il faudrait pouvoir introduire dans le foyer le maximum d'air nécessaire à la combustion des produits volatils mis en liberté par la distillation du combustible, et c'est précisément le contraire qui a lieu.

« Le combustible frais répandu sur la surface de la grille se gonfle d'abord en remplissant les interstices libres qui donnaient accès à l'air nouveau. La quantité d'oxygène admis dans le foyer est dès lors insuffisante à produire une combustion complète, et cette insuffisance est d'autant plus grande que le combustible employé est plus riche en hydrogène. Cette combustion incomplète, cette distillation, se traduit par un développement de carbure d'hydrogène gazeux, qui entraîne à l'état de suspension le carbone, très-divisé, en produisant une fumée d'autant plus épaisse que le combustible est lui-même plus riche en carbone et en hydrogène.

« Au contraire, quand la combustion est bien établie et lorsque le foyer exige une nouvelle charge, les orifices libres sont relativement considérables, et l'air neuf est appelé en quantité trop grande; une très-notable partie de cet air échappe à la combustion, s'échauffe aux dépens du calorique développé, et le foyer se refroidit en même temps que le combustible est absorbé sans effet utile. Sans doute, les soins du chauffeur peuvent amoindrir ces inconvénients; mais, quelque nécessaires qu'on les suppose, ils ne sauraient pas les faire disparaître complètement.

« Les grilles tournantes, celles qui reçoivent un mouvement de va-et-vient, les grilles formées par des chaînes sans fin et s'alimentant d'une manière continue par des trémies remplies constamment de charbon, sont dispendieuses; elles exigent d'ailleurs l'emploi

d'une force motrice qui les met en mouvement. Les deux dernières présentent en outre des difficultés spéciales pour conserver une distribution convenable, qui dépend de la ténuité et de l'état hygrométrique du combustible. Si la charge est trop grande, une partie du charbon tombe à l'extrémité de la grille opposée à la trémie et se perd dans le cendrier; si elle est au contraire insuffisante, l'air entre en excès dans le fourneau et le refroidit.

« La grille fumivore à gradins est représentée figures 498 et 499. Les barreaux plats et larges de cette grille sont disposés à la manière des marches d'un escalier et se recouvrent les uns les autres. A la suite de cette grille sont quelques barreaux disposés à la façon ordinaire; le nombre et l'écartement de ces barreaux dépendent de la nature et de la pureté du combustible employé.

« Le combustible frais, placé contre la porte et sur les barreaux supérieurs de la grille à gradins, se distille; sa fumée et la matière volatile, en arrivant vers l'autel ou vers les tubes des chaudières tubulaires, y rencontrent l'air, non brûlé, et préalablement chauffé par son passage à travers la houille carbonifiée, qui a gagné déjà la partie inférieure de la grille. Le mélange de cet air avec les matières carburées volatiles, avec les gaz non brûlés encore, se produit dans les conditions voulues de température, et la combustion de ces divers produits gazeux s'opère de manière à arriver à leur transformation en acide carbonique d'une manière à peu près complète.

« Avec des charbons très-bitumineux, donnant beaucoup de fumée, la grille à gradins seule n'est pas complètement fumivore. Il s'en dégage encore de la fumée au moment où l'on charge le combustible nouveau. Pour obtenir un résultat complet il faut aider à l'absorption de cette fumée par une introduction directe et spéciale d'air chaud.

« Dans certains cas, la construction au-dessus de la partie inférieure de la grille de rampants ou voûtes permet de mieux diriger les produits volatils vers l'autel garni de briques creuses avec des sorties d'air chaud.

« Toutes les fois qu'on voudra arriver à des résultats complets il sera nécessaire d'employer des charbons fins ou tout-venants, qui

produisent, à pureté égale, la même quantité de chaleur que les gaillettes; ces dernières, se distillant plus difficilement que les fins, arrivent dans la partie inférieure de la grille sans avoir perdu toutes les matières volatiles, qui, n'ayant plus dès lors qu'un léger parcours à faire pour arriver au-dessus de l'autel, circulent autour des générateurs sans avoir pu être brûlées par l'oxygène nécessaire à leur combustion complète.

« La grille à gradins permet l'emploi des houilles très-maigres et sèches, qui ont été jusqu'à présent dépréciées et même rejetées pour les usages des chaudières. Elle offre donc à l'industrie une ressource immense, au moment surtout où le combustible minéral semble manquer et devient chaque jour plus cher. »

*Les essais faits avec des houilles de bonne qualité, sur le chemin du Nord, de la grille Chobrzynsky, ont donné d'excellents résultats. On a trouvé sur ce chemin que non-seulement il y avait dans l'emploi de la houille économie d'argent, mais encore amélioration de condition de production de vapeur; sur le chemin de Strasbourg, avec des houilles contenant une grande quantité de cendres et de matières volatiles, la grille Chobrzynsky n'a pas été fumivore et les barreaux fondaient en peu de temps.*

*On a aussi observé sur le chemin du Nord que les barreaux de cette grille devaient être renouvelés plus souvent que ceux des grilles ordinaires; mais ils ne fondaient pas aussi rapidement que sur le chemin de Strasbourg.*

*Les machines n'ont pas paru souffrir, comme on supposait que cela serait, de l'emploi prolongé de la houille de bonne qualité.*

D'après M. Sauvage, ingénieur en chef de la traction aux chemins de l'Est, il paraîtrait résulter de l'ensemble du service que les tubes se conserveraient mieux quand on emploie de la houille que lorsqu'on se sert de coke.

Les tubes des machines alimentées au coke trouvent une cause d'usure dans le frottement des petites parcelles de coke entraînées par le tirage forcé des tuyaux d'échappement, tandis que les machines marchant à la houille conservent leurs tubes et ne subissent pas ces frottements, que ne peut produire le faible tirage qui suffit à la combustion.

Nous décrirons plus loin, au chapitre des appareils nouveaux, l'appareil Dumery, qui n'est encore, du moins en ce qui concerne les locomotives, qu'à l'état d'essai.

**Cendrier.** — Les petits fragments de combustible qui passent à travers la grille (*escarbilles*) sont souvent entraînés par le courant d'air que produit le mouvement de la machine et des roues. Si alors ils rencontrent les roues, ils sont lancés à une grande distance par les rais de ces roues et peuvent occasionner des incendies. Pour parer à cet inconvénient, on dispose généralement sous la grille de la machine un cendrier, sorte de caisse en tôle rectangulaire ouverte sur le devant. Cet appareil remplit son but d'une manière assez convenable, mais il nuit au tirage et rend difficile l'extinction du feu en marche. Quelquefois on supprime la plus grande partie du fond du cendrier. Sur le chemin de l'État, en Bavière, on le compose, d'après M. Lechatelier, de quatre feuilles de tôle mobiles chacune autour d'un axe et reliées entre elles comme les lames de persiennes mobiles. Une tringle aboutissant sur la plate-forme de la machine, et dont la poignée est à la portée du mécanicien, sert à ramener les quatre feuilles dans une position verticale quand on veut jeter le feu ou vider le cendrier. Lorsqu'on brûle du bois, l'orifice antérieur du cendrier est fermé par un treillis mécanique qui empêche la projection des étincelles.

Une commission nommée par Son Excellence M. le ministre des travaux publics a été chargée d'examiner quelle était la meilleure forme à donner aux cendriers des locomotives.

Nous extrayons les lignes suivantes du rapport fait par M. Couche au nom de cette commission.

La plupart des cendriers consistent en une caisse en tôle ouverte à l'avant et fermée quelquefois à l'arrière par une plaque en tôle mobile autour de son arête supérieure.

On fait à ces cendriers plusieurs objections que nous reproduisons :

1° Pour les machines à foyer très-bas il n'y a pas de place entre les barreaux de la grille et le sol pour loger un cendrier de hauteur convenable.

2° La grille est difficile à décrasser.

3° Les barreaux se détruisent rapidement.

4° Le cendrier à fond complet rend à peu près illusoire l'emploi du jette-feu.

5° Il faut démonter le cendrier pour pénétrer dans le foyer.

6° Ce cendrier nuit au tirage dans la marche en arrière.

La commission répond à la première objection que les machines doivent être construites de manière à permettre l'emploi du cendrier, dont on ne saurait se passer si on veut éviter autant que possible les incendies. Elle ajoute que les machines récemment établies remplissent cette condition.

L'objection n° 2 n'est nullement fondée pour les machines de dimensions moyennes; elle n'a de gravité que pour les Crampton et les grosses Engerth, dont les foyers sont très-longs.

L'objection n° 3 est au contraire très-fondée, ainsi que celle n° 4.

L'objection n° 5 est d'une importance très-secondaire.

On répond enfin à l'objection n° 6 en pratiquant dans la paroi d'arrière du cendrier une ouverture munie d'une porte.

Malgré ses inconvénients, le cendrier à fond et parois complets est en usage en Angleterre.

Cela tient à ce que dans ce pays, où le coke est généralement très-pur, les décrassages sont rares et l'on ne fait pas usage de l'échappement variable. On varie alors l'introduction de l'air en variant l'ouverture de la porte.

On a employé au Midi un cendrier avec parois verticales à claire-voie. Le tirage était alors parfait, quel que fût le temps de la marche, mais les particules de coke amoncelées sur le fond s'échappaient latéralement.

A l'Est on a échanuré le fond; les particules tombaient encore sur le sol.

Au Midi on a encore employé des cendriers à fond plein, avec bords plus élevés; le cendrier était suspendu au-dessous de la grille de manière à laisser plusieurs centimètres d'intervalle entre l'arête supérieure de ses parois et le bord inférieur de la boîte à feu.

Ce cendrier se remplit de cendres et de débris qui étranglent trop le passage de l'air, et, une fois plein, il laisse les fragments embrasés s'échapper librement sur tout son pourtour.

La commission propose de supprimer le fond et de faire porter au cadre du foyer des appendices descendant plus bas que la surface de roulement des rails et rasant le ballast. Les morceaux de coke seraient chassés en avant par les impulsions successives de la paroi postérieure et isolés du train jusqu'à ce qu'ils cessent de rebondir sur la voie. Ils cesseraient alors d'être dangereux.

Cette espèce de cendrier a été adaptée avec avantage à des machines Crampton sur le chemin de Lyon. Quelques mécaniciens cependant regrettaient la suppression du fond, qui, d'après eux, augmentait le tirage pour la marche en avant.

**Tubes.** — Dans l'origine, les tubes étaient en cuivre rouge. Ils se détruisaient rapidement par le frottement des particules de coke entraînées par le tirage; aussi a-t-on substitué le laiton au cuivre rouge. Les tubes en laiton furent employés pour la première fois en 1853, à l'instigation de M. Dixon, ingénieur résidant au chemin de Liverpool à Manchester. Ils sont faits en laiton laminé de première qualité. On découpe des bandes de largeur convenable et de toute la longueur que doivent avoir les tubes; on chanfreine ces bandes sur leurs longs côtés, de manière à pouvoir les superposer de 1 centimètre sans qu'il en résulte de surépaisseur dans les tubes. On les enroule sur un mandrin et on réunit les bords par une soudure; on les fait passer à travers une filière en acier afin que leur surface extérieure soit parfaitement cylindrique.

L'assemblage des tubes avec les plaques tubulaires (fig. 500) se fait de la manière suivante. Après avoir mis le tube en place, on le fait appliquer exactement contre les parois des trous pratiqués dans les plaques tubulaires en enfonçant à chaque extrémité un mandrin en acier légèrement conique. Puis l'on chasse à coups de masse une bague ou virole en acier dans chaque bout du tube ainsi préparé, et l'on mate ces bouts, afin de compléter les joints.

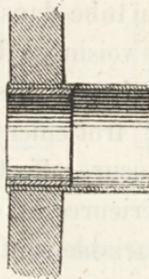


Fig. 500.

La plaque tubulaire est renflée à l'endroit où elle reçoit les tubes.

Quelquefois on emploie des bagues en fer du côté de la boîte à fumée ou même on supprime complètement les bagues. La plupart

des constructeurs se contentent aujourd'hui de mandriner fortement le tube à cette extrémité, pour l'appliquer exactement sur la tranche de la plaque tubulaire. Les bords qui font une légère saillie sont rabotés et mandrinés. Cette disposition permet aux fragments de coke entraînés dans les tubes de s'échapper plus facilement et rend le nettoyage plus commode.

Dans les machines où l'on brûle du bois, on supprime souvent les viroles de la boîte à feu en soudant à l'extrémité du tube un bout en cuivre rouge, un peu plus épais que le reste, que l'on mandrine fortement et que l'on refoule à l'intérieur, en même temps qu'on le matte avec soin à l'extérieur.

On supporte quelquefois les tubes trop longs à l'aide d'une feuille de tôle percée de trous attachée au corps cylindrique; mais ce support n'est pas absolument nécessaire. Au Nord on l'a supprimé.

Les tubes en laiton sont aujourd'hui de trois espèces : 1° les tubes soudés sur leur longueur (usine de Romilly); les tubes étirés (Laveissière), et enfin les tubes martelés et sans soudure (Estivan à Givet). On emploie les trois systèmes aux chemins de l'Est, sans donner la préférence à aucun.

Quelques constructeurs ont voulu remplacer les tubes en laiton par des tubes en fer creux étiré. Ces tubes s'altèrent par places et donnent lieu à des réparations coûteuses.

On a fabriqué aussi dans ces derniers temps des tubes étirés d'épaisseur décroissante, de telle façon que les parois de la partie du tube dans le voisinage de la boîte à feu sont plus faibles que dans le voisinage de la boîte à fumée.

Les tubes s'usent en effet au bout d'un certain temps, soit par le frottement du combustible, soit par l'action de la chaleur, et l'usure affecte surtout les tubes du milieu et ceux des rangées inférieures à l'extrémité contiguë au foyer. Ces tubes d'épaisseur variable sont encore peu répandus et l'expérience n'a pas encore prononcé sur leur mérite; la fabrication n'en est pas d'ailleurs sans difficulté.

La composition chimique des tubes est un point important. Nous indiquerons plus loin, en traitant du cahier des charges pour les locomotives, quelle doit être cette composition.

Quand un tube fuit, on fend les viroles avec un ciseau et on les replie en dedans pour pouvoir les enlever, puis on sort le tube et on le visite pour voir si l'usure est locale ou générale. Si l'extrémité seule est endommagée, on la coupe, on soude un bout et l'on remplace le tube.

**Chaudière proprement dite.** — Nous avons déjà vu que l'enveloppe du foyer est sensiblement parallèle à ce foyer jusqu'à la hauteur du ciel, et qu'à partir de ce point elle est recouverte par un dôme semi-cylindrique ou pyramidal. La jonction des différentes feuilles qui composent cette enveloppe se faisait anciennement au moyen de cornières en tôle recourbées; maintenant on préfère emboutir les feuilles antérieure et postérieure de la boîte à feu extérieure, comme on le fait pour le foyer. Cette disposition a l'avantage de diminuer le nombre des joints.

Par la même raison, l'on supprime actuellement la cornière en tôle qui assemblait la paroi antérieure de la boîte à feu avec le corps cylindrique de la chaudière, et l'on emboutit cette feuille, qui présente alors la forme indiquée figure 501. La jonction du corps cylindrique avec la plaque tubulaire de la boîte à fumée se fait au moyen d'une cornière.

Le corps cylindrique est généralement de section circulaire; cependant on l'a quelquefois ovalisé en donnant au diamètre vertical  $0^m,05$  à  $0^m,06$  de plus qu'au diamètre horizontal, afin de pouvoir augmenter le nombre des tubes tout en conservant une assez grande distance entre la surface de l'eau et la partie supérieure de la chaudière. Mais cette forme est vicieuse : elle n'offre pas une résistance aussi grande à la pression que la forme cylindrique.

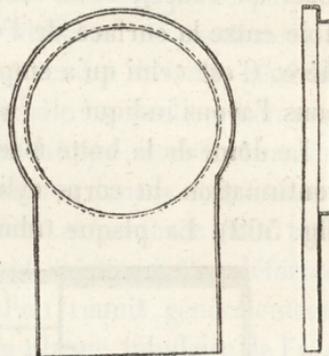


Fig. 501.

**Réservoir de vapeur.** — Nous avons vu qu'on augmente l'espace réservé à la vapeur au moyen du dôme pyramidal recouvrant la boîte à feu, ou au moyen d'un réservoir spécial en forme

de cylindre placé tantôt au-dessus du foyer, tantôt en un point quelconque du corps de la chaudière.

Ce dôme ou réservoir spécial n'a pas seulement pour objet d'augmenter les dimensions du réservoir de vapeur, dont la capacité doit être dans un certain rapport avec la quantité de vapeur dépensée par chaque coup de piston : il a pour but principal de relever à une certaine hauteur au-dessus de la surface de l'eau l'origine du tuyau de prise de vapeur.

C'est au-dessus du foyer que l'ébullition est la plus tumultueuse, de sorte qu'en ce point l'eau est projetée en plus grande quantité que partout ailleurs ; il paraît donc peu rationnel d'y placer l'orifice de la prise de vapeur. Mais, d'autre part, si l'on prend la vapeur près de la cheminée, toute celle qui se forme dans les autres parties de la chaudière en plus grande quantité qu'en ce point doit nécessairement lécher la surface de l'eau en ébullition avant d'y arriver. Le moyen le plus efficace de prévenir l'entraînement de l'eau consiste à augmenter le diamètre du corps cylindrique autant que le permettent les autres organes de la machine (tels que ressorts ou roues), et de laisser une hauteur aussi grande que possible entre la surface de l'eau et la partie supérieure de la chaudière. C'est celui qu'a employé Crampton, ainsi que nous l'avons indiqué.

Le dôme de la boîte à feu est alors formé par la continuation du corps cylindrique de la chaudière (fig. 502). La plaque tubulaire de la boîte à fumée

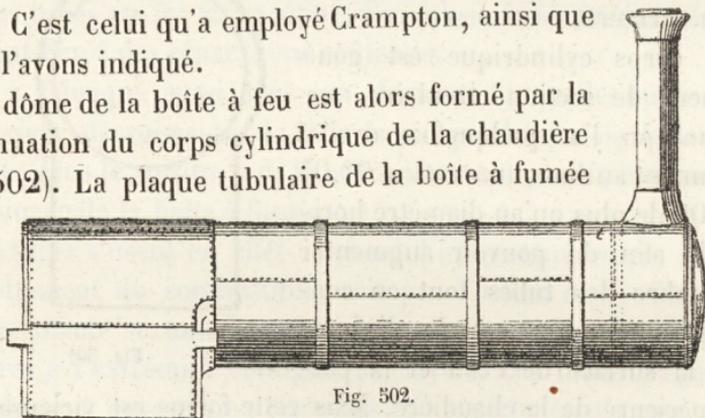


Fig. 502.

est un simple diaphragme en tôle emboutie, rivé dans l'intérieur du corps cylindrique et séparant ainsi la chaudière proprement dite de la boîte à fumée.

Cette disposition s'est aujourd'hui beaucoup répandue en France ; mais il importe d'observer qu'elle n'est réellement avantageuse

qu'autant que la capacité du réservoir de vapeur est considérable. Si cette capacité était faible, l'usage du tube fendu dans le système Crampton deviendrait désavantageux.

**Boîte à fumée.** — Dans les premières machines à cylindres intérieurs, la boîte à fumée présentait, à fort peu de chose près, les mêmes dispositions que l'enveloppe de la boîte à feu; sa partie inférieure contenait les cylindres, auxquels elle servait de support. La plaque tubulaire en formait la paroi postérieure, et sa paroi antérieure était percée d'une ouverture fermée par une porte qu'on ouvrait pour nettoyer ou pour réparer les tubes. Actuellement on supprime la partie inférieure de cette boîte à la hauteur des cylindres, qui lui servent quelquefois de fond. Enfin, en décrivant la chaudière Crampton (p. 452), nous avons fait connaître une dernière disposition de boîte à fumée.

**Cheminée.** — La cheminée, fixée à la partie supérieure de la boîte à fumée, est cylindrique. On l'assemble avec cette dernière au moyen de boulons, afin de pouvoir la démonter facilement quand il faut visiter ou réparer la tuyère de l'échappement.

La cheminée s'évase souvent à la base sur une petite partie de sa hauteur. Cette disposition, dont l'utilité a été contestée, est cependant consacrée par l'expérience et tend à devenir générale : elle facilite l'écoulement des gaz et remédie en partie à l'étranglement qu'occasionne le tuyau d'échappement, qui, dans les machines françaises, s'engage de quelques centimètres dans la cheminée.

**Armatures de la chaudière.** — Il faut armer avec soin toutes les parties de la chaudière qui seraient sujettes à être déformées par la pression de la vapeur. Ainsi l'on réunit généralement la paroi postérieure de la boîte à feu à la plaque tubulaire de l'avant au moyen de forts tirants dans la partie située au-dessus des tubes. M. Polonceau et après lui plusieurs constructeurs ont employé dans leurs dernières machines de fortes cornières agissant comme les armatures du ciel du foyer, ce qui dégage le réservoir de vapeur de tous ces tirants fort incommodes et fort lourds. Cette disposition a prévalu dans toutes les nouvelles machines.

**Chemise extérieure de la chaudière.** — Quand une locomotive est en marche, l'air en contact avec les parois extérieures de la

chaudière est incessamment renouvelé; il en résulterait un refroidissement très-considérable de ces surfaces si elles n'étaient pas préservées. A cet effet, on les entoure d'une enveloppe en bois maintenue à une faible distance de la chaudière et contenue elle-même dans une seconde enveloppe en tôle mince, de fer ou de laiton, ou simplement cerclée de distance en distance. Autrefois on intercalait entre le bois et la chaudière des feuilles de feutre grossier; mais cette substance présente l'inconvénient de prendre très-facilement feu. Aujourd'hui on supprime même fréquemment le bois; l'air emprisonné entre l'enveloppe en tôle et la chaudière sert alors de couche isolante.

La boîte à feu peut être recouverte de la même manière que le corps cylindrique de la chaudière; mais on doit en couvrir en tôle seulement la partie qui est inférieure à la plate-forme du mécanisme et qui peut être atteinte par la flamme qui fuit quelquefois au-dessous de la grille. Il vaut mieux la laisser à découvert pour éviter l'oxydation rapide que produiraient dans un espace fermé les fuites qui ont lieu souvent dans cette partie de la chaudière.

**Soupapes de sûreté.** — Le but des soupapes de sûreté est d'empêcher la vapeur de pouvoir acquérir dans la chaudière une tension trop élevée. Les règlements administratifs exigent la présence de deux soupapes de sûreté sur chaque générateur à vapeur, une à chaque extrémité. Néanmoins, dans les machines locomotives de construction récente, on les place toutes les deux au-dessus du foyer, afin qu'elles soient plus à portée du mécanicien dans le cas où elles viendraient à se déranger.

Les soupapes le plus généralement employées se composent d'un disque circulaire A (fig. 503) muni d'une tige centrale B. Le rebord *aa* du disque n'a que 1 ou 2 millimètres de largeur; il repose sur un siège qui présente un rebord semblable, lequel correspond à *aa* (fig. 504). Ces deux surfaces sont exactement rodées l'une sur l'autre, afin de former un joint parfaitement étanche, c'est-à-dire imperméable à la vapeur. Le diamètre des soupapes est ordinairement de 0<sup>m</sup>,40; leur surface est donc de 78 1/2 centimètres carrés. Or la pression de l'atmosphère est de 1<sup>k</sup>,033 par centimètre carré; il faut donc, pour que la soupape commence à se lever quand la

tension de la vapeur est égale à six fois celle de l'atmosphère, que cette soupape reçoive une surcharge additionnelle de  $5 \times 1^k,035 \times 78,5 = 405^k,58$ . Il est rare que cette pression soit obtenue directement : presque toujours on se sert d'un levier LL (fig. 504) à l'extrémité libre duquel agit un ressort à boudin dont

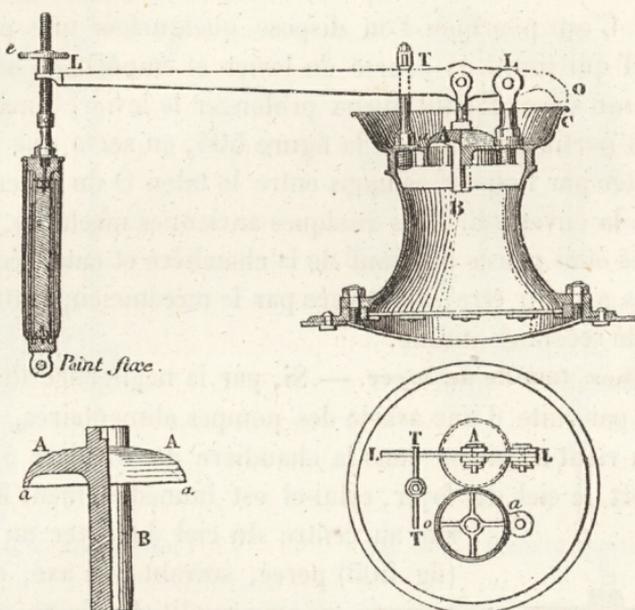


Fig. 505.

Soupape de sûreté.

Fig. 504.

on peut augmenter ou diminuer la tension en serrant ou desserrant l'écrou *e*. Dans les machines fixes, la pression est produite sur le levier au moyen d'un poids qui est suspendu à son extrémité. Cette disposition ne pourrait convenir aux machines locomotives, à cause des trépidations auxquelles elles sont exposées pendant leur marche. Le ressort est plus sujet à se déranger que le poids, et sa tension augmente d'une manière sensible quand la soupape se lève ; mais, comme les locomotives sont soumises à une surveillance incessante et que le mode de construction des chaudières de locomotives les rend presque inexplosibles, ces inconvénients n'ont que peu d'importance. Aujourd'hui on emploie beaucoup les soupapes ou balances de MM. Lemonnier et Vallée, qui présentent une disposition fort ingénieuse au moyen de laquelle, dès que la pression s'élève

d'une manière inquiétante, la soupape s'ouvre en grand et donne une large issue à la vapeur. Cet effet est obtenu au moyen d'un déclenchement fort ingénieux de la tige du ressort. Il arrive quelquefois que le ressort se brise ou que le point d'attache de l'appareil qui le contient vient à céder; alors la soupape est projetée au loin par la pression de la vapeur, et la machine se trouve hors de service. C'est pourquoi l'on dispose quelquefois une petite traverse TT qui limite la course du levier et empêche la soupape de quitter son siège. Il vaut mieux prolonger le levier, ainsi que l'indique la partie ponctuée de la figure 504, en sorte que sa course est limitée par l'espace compris entre le talon O du levier et le rebord de la cuvette C. Dans quelques anciennes machines, l'une des soupapes était placée à l'avant de la chaudière et entourée de façon à ne pas pouvoir être surchargée par le mécanicien; cette précaution a été reconnue inutile.

**Bouchon fusible du foyer.** — Si, par la négligence du mécanicien ou par suite d'une avarie des pompes alimentaires, le niveau de l'eau vient à baisser dans la chaudière de manière à laisser à découvert le ciel du foyer, celui-ci est immédiatement brûlé. On fixe au centre du ciel du foyer un bouchon (fig. 505) percé, suivant son axe, d'un trou conique qu'on remplit de plomb. Quand le niveau de l'eau découvre ce bouchon, le plomb entre en fusion, la vapeur se précipite dans le foyer et éteint le feu.

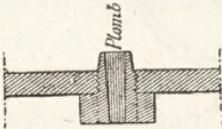


Fig. 505. — Bouchon fusible.

Le bouchon fusible est indispensable, mais il faut le changer de temps en temps, car il peut cesser d'adhérer à son siège et sauter mal à propos. Il arrive aussi que lorsqu'il est trop ancien et couvert d'oxyde, son point de fusion se trouve considérablement retardé.

**Niveau d'eau.** — Il faut que le mécanicien connaisse à chaque instant, avec exactitude, à quelle hauteur l'eau se trouve dans la chaudière. A cet effet, un tube de verre *t* (fig. 506) est placé à côté de la porte du foyer et réuni à la chaudière par deux tubulures en bronze *t'*, dont l'une pénètre dans l'espace occupé par la vapeur, l'autre dans l'eau. Ces tubulures sont munies de robinets K et K',

au moyen desquels on peut empêcher l'eau et la vapeur de s'échapper quand le tube vient à se briser. Un troisième robinet K'' sert à vérifier si les conduits sont bien libres en permettant de vider le tube. L'eau s'élève dans le tube à la même hauteur que dans la chaudière, pourvu que la communication soit bien établie dans le haut et dans le bas.

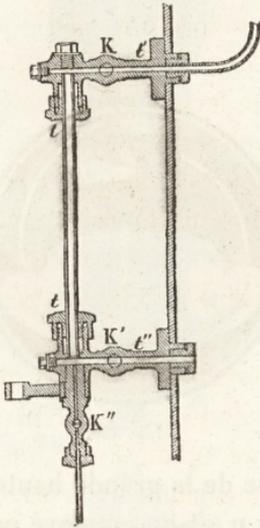


Fig. 506. — Niveau d'eau.

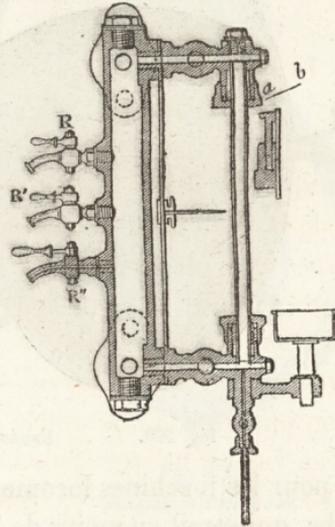


Fig. 507. — Robinets d'épreuve.

**Robinets d'épreuve.** — A côté du niveau d'eau se trouvent trois robinets R, R' et R'', dont le supérieur, R, doit toujours communiquer avec la vapeur, et l'inférieur, R'', avec l'eau. Ils jouent le même rôle que le niveau d'eau et le remplacent quand il est obstrué ou brisé.

On réunit souvent ces deux appareils en un seul, appelé *clarinette* (fig. 507); mais cette disposition, imaginée par Stephenson, est vicieuse, parce qu'on est tout à coup privé de tout moyen de vérification si les canaux qui vont à la chaudière s'obstruent. Elle est d'ailleurs coûteuse.

**Manomètres.** — Pour que le mécanicien puisse tirer tout le parti possible de la machine qu'il dirige, il faut qu'il connaisse à chaque instant quelle est la tension de la vapeur dans la chaudière; il faut surtout qu'il sache si cette pression tend à augmenter ou à dimi-

nuer. A cet effet, chaque machine doit être munie d'un manomètre.

Les manomètres à air libre des machines fixes ne peuvent con-

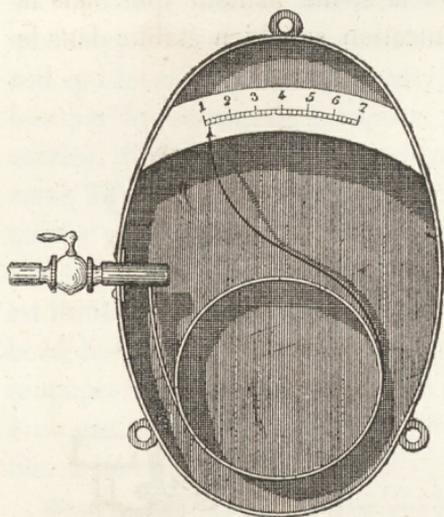


Fig. 508.

Manomètre de Bourdon.

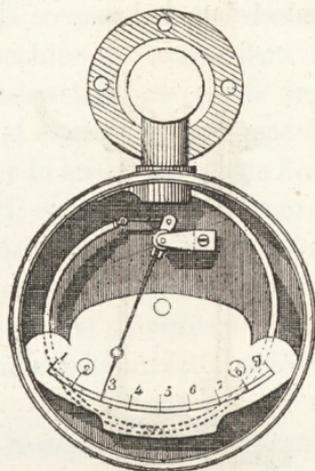


Fig. 509.

venir pour les machines locomotives, à cause de la grande hauteur du tube, qui serait au moins de  $5^m,80$ ; aussi n'a-t-on employé pendant longtemps que des manomètres à air comprimé. Ces derniers sont peu sensibles et leurs indications se faussent fréquemment; on leur substitue aujourd'hui des manomètres à air libre dans lesquels la pression de la vapeur s'exerce sur un petit piston, tandis que la colonne de mercure agit sur un autre piston dont la surface est environ vingt fois plus grande. Ces deux pistons étant rendus solidaires l'un de l'autre, il en résulte que chaque atmosphère est représentée par une colonne de mercure de  $\frac{0^m,76}{20} = 0^m,038$ .

Cet instrument (fig. 510 et 511), qui a été inventé par M. Galy-Gazalat, est plus généralement connu sous la dénomination de *manomètre de Journeux*, du nom de l'industriel qui s'occupe de sa construction.

Le *manomètre Bourdon* (fig. 508 et 509) se compose d'un tube métallique enroulé en forme de spirale. La vapeur qui agit dans l'intérieur de ce tube tend à le redresser; une aiguille est mise en

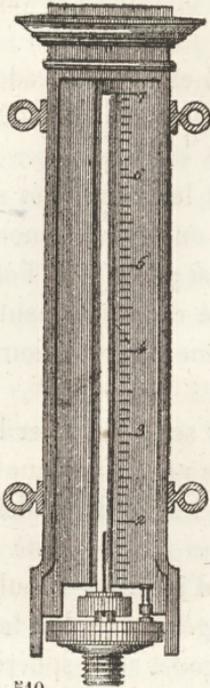


Fig. 510.

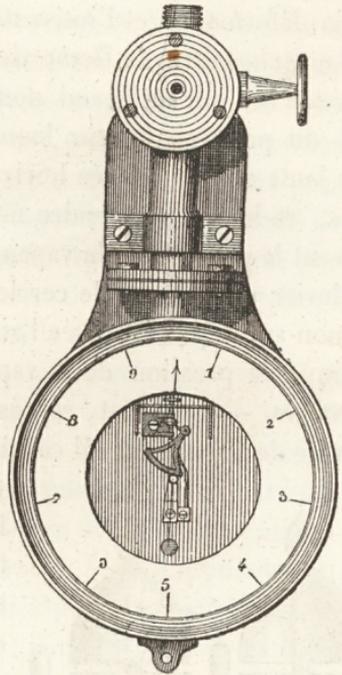


Fig. 512.

Manomètre Desbordes.

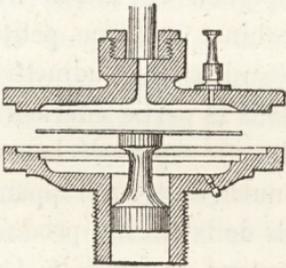


Fig. 511. — Manomètre Galy-Cazalat.

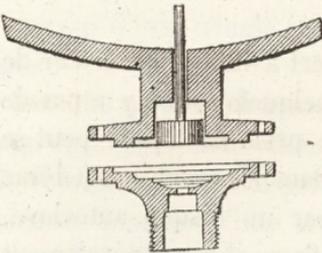


Fig. 514.

Détails du manomètre Desbordes.

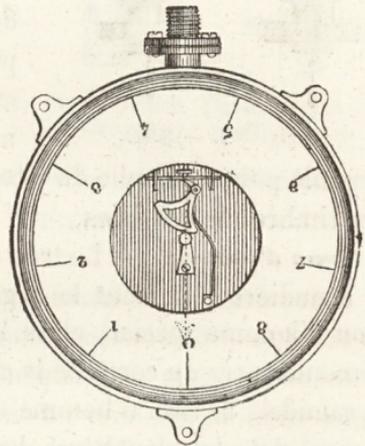


Fig. 513.

Manomètre Desbordes.

mouvement quand cet effet a lieu et indique sur un cadran la valeur de la déformation et l'intensité de la cause qui l'a produite.

Le *manomètre de Desbordes* (fig. 512, 513 et 514) est adopté aujourd'hui sur un grand nombre de lignes. Dans cet appareil, la tige du petit piston sur lequel agit la vapeur vient appuyer sur une lame d'acier, placée horizontalement, dont les extrémités sont fixes, et la force à prendre une courbure plus ou moins prononcée suivant la pression de la vapeur. Cette lame ainsi poussée fait l'office de levier sur un arc de cercle en cuivre denté communiquant au pignon sur lequel est fixée l'aiguille le mouvement de rotation qui indique la pression de la vapeur.

**Sifflet.** — Le sifflet, représenté figure 515, sert à signaler l'approche de la machine. Il consiste en une cloche portée sur une tige verticale et dont les bords, taillés en biseau, sont placés à une petite distance au-dessus d'un vide annulaire très-étroit ménagé entre les bords d'une espèce de godet semi-sphérique et d'un champignon en métal. Au moyen d'un robinet ou d'une petite soupape, le mécanicien peut admettre de la vapeur dans la partie inférieure de cet appareil; cette vapeur s'échappe par la fente annulaire, et, en frappant contre les bords de la cloche, produit un son qui s'entend de fort loin. On

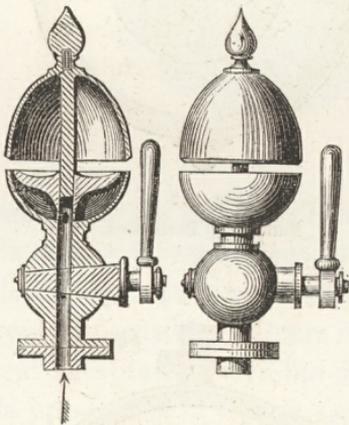


Fig. 515. — Sifflet.

emploie pour la cloche du bronze de même composition que celui des timbres de pendules.

**Trou d'homme.** — Le trou d'homme sert à visiter l'intérieur de la chaudière et surtout le régulateur. Quelquefois il n'y a pas de trou d'homme spécial; alors le dôme de prise de vapeur peut se démonter près du corps de la chaudière. Dans les machines à dôme pyramidal, le trou d'homme est fermé par un disque autoclave, comme dans les chaudières des machines fixes; il est généralement placé sur la face antérieure de ce dôme.

**Robinet et tampons de vidange.** — La quantité d'eau vapo-

risée par les machines locomotives est très-considérable, et cette eau est toujours chargée d'une certaine quantité de sels à l'état de dissolution. Souvent aussi elle est troublée par la présence de dépôts vaseux dont on ne pourrait se débarrasser que par une filtration lente et coûteuse. Or on sait que la vapeur qui se produit contient peu ou point de ces substances; il en résulte qu'elles restent presque en totalité dans la chaudière, dans laquelle elles forment des dépôts vaseux ou adhérents aux surfaces. Après un certain parcours, dont la longueur varie avec la pureté des eaux employées, il devient nécessaire de vider complètement la chaudière.

Les *robinets de vidange*, généralement au nombre de deux, sont fixés dans le bas de la boîte à feu. Quand on les ouvre, la totalité de l'eau contenue dans la chaudière s'écoule, et l'on peut procéder au lavage de cette chaudière. Souvent ils portent à leur extrémité un pas de vis sur lequel on adapte un boyau en cuir qui communique avec le réservoir dans lequel se trouve l'eau d'alimentation, disposition qui facilite beaucoup le remplissage de la machine quand on veut la mettre en service (fig. 516). On perce aussi dans les

quatre angles inférieurs de la boîte à feu et dans le bas de la plaque tubulaire de la boîte à fumée des trous fermés au moyen de tampons à vis en cuivre (fig. 517). D'autres fois, on fait usage de fermetures autoclaves.

Quand la chaudière est vide, on introduit dans l'un de ces trous la lance

d'une pompe à incendie, dont le jet enlève les matières détachées au moyen d'une tringle en cuivre que l'on manœuvre par le trou opposé.

**Grille de la boîte à fumée.** — Les flammèches entraînées par le tirage en dehors de la cheminée peuvent occasionner des sinistres tout comme celles de la grille. C'est pourquoi l'on plaçait dans les anciennes machines une espèce de tamis ou crible en fil de fer au sommet de la cheminée ou à sa partie inférieure. Cet appareil nuisait au tirage, aussi l'a-t-on remplacé partout par une plaque en tôle percée de trous ou par une grille en fil de fer galvanisé, placée dans

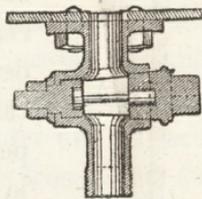


Fig. 516. — Robinet de vidange.

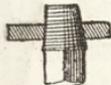


Fig. 517. — Tampon de vidange.

la boîte à fumée un peu au-dessus de la rangée supérieure des tubes.

L'usage de cette plaque de tôle a paru aux ingénieurs de l'État chargés de proposer un règlement ayant pour objet d'empêcher la projection des flammèches répondre suffisamment aux besoins du service, tant qu'on ne brûle dans les locomotives que du coke ou de la houille.

**Appareil de Klein.** — Dans les machines où l'on brûle du bois, on fait usage d'un appareil plus compliqué, connu sous le nom d'*appareil de Klein* (fig. 518), et que M. Lechatelier décrit de la manière suivante :

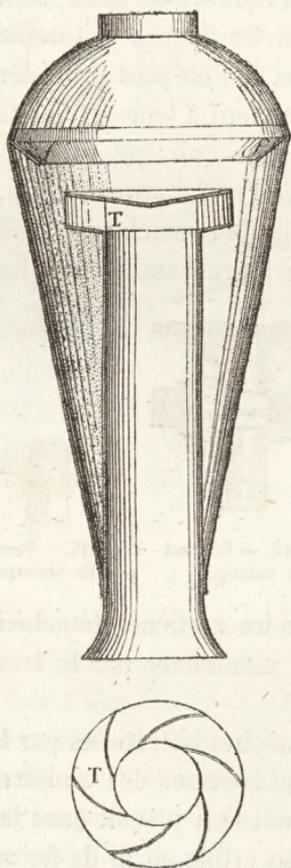


Fig. 518. — Appareil de Klein.

« Cet appareil est fondé sur la séparation ou le départ qui s'opère entre les matières de densités très-différentes lorsqu'elles sont entraînées dans un même courant qui éprouve une inflexion brusque. Il se compose de deux parties principales. La première est une sorte de turbine T en forme de ventilateur à aubes courbes, fixée d'une manière invariable sur le sommet de la cheminée; des deux surfaces entre lesquelles sont intercalées les aubes, l'une (inférieure) est percée d'un trou de même diamètre que la cheminée, l'autre est de forme conique renversée et présente son sommet dans l'axe de la cheminée; celle-ci est réduite aux trois quarts environ de sa hauteur ordinaire. Les flammèches, en sortant avec le courant de vapeur, viennent frapper le cône renversé, se réfléchissent horizontalement ou de haut en bas, glissent à la surface des aubes courbes et s'échappent tangentiellement à leur dernier élément de courbure. La seconde

partie consiste dans une chemise formée de deux troncs de cônes, réunis par un anneau cylindrique qui em-

brasse la cheminée sur les deux tiers ou sur la moitié de sa hauteur et l'appareil à aubes courbes tout entier; le cône inférieur est renversé et de forme allongée, le cône supérieur est très-aplati et sa base supérieure ouverte livre une issue à la vapeur et au gaz de la combustion. Cette cheminée présente exactement la forme de la cheminée d'un haut fourneau renversé. Les flammèches, en sortant de la turbine tangentiellement aux aubes, viennent frapper la chemise conique sous un angle très-aigu, glissent sur sa surface, et, lorsque leur mouvement giratoire a été ralenti par le frottement, tombent dans l'espace compris entre la cheminée et le sommet inférieur du cône, d'où on les extrait de temps en temps par une petite porte ménagée à cet effet. Pour retenir les flammèches qui, dans leur mouvement de rotation contre les parois de la cheminée, tendraient à s'élever et à rentrer dans la circulation de vapeur et de gaz, on a placé une feuille de tôle faisant saillie à l'intérieur au raccordement du cône inférieur et de la partie cylindrique. Le courant gazeux, après avoir subi une double inflexion brusque, s'échappe par l'orifice supérieur, complètement débarrassé de flammèches. Tous les passages ouverts au courant de vapeur et de gaz ont une section beaucoup plus considérable que celle de la cheminée; par suite, le tirage n'éprouve pas de diminution notable. Cet appareil n'a qu'un inconvénient assez faible, c'est d'augmenter le volume de la cheminée et de présenter une surface plus grande à l'action du vent, mais cette surface se trouve tout au plus double de celle des cheminées ordinaires. La chemise dans sa plus grande largeur présente un diamètre triple de celui de ces cheminées. »

**Échappement.** — Le tuyau d'échappement qui conduit la vapeur des cylindres dans la cheminée s'élève quelquefois verticalement au milieu de la boîte à fumée, ou bien il se compose de deux branches (culottes) figures 519 et 520, qui se réunissent en un tronc commun près du point où elles débouchent dans la cheminée; lorsqu'il est unique et placé dans l'intérieur de la boîte à fumée, on lui donne une forme elliptique dans toute la partie qui correspond aux tubes, afin de faciliter le nettoyage de ceux-ci. Les tuyaux d'échappement sont ordinairement en cuivre rouge, quelquefois on les fait en fonte. Il faut éviter autant que possible de leur donner des

coudes brusques, afin de ne pas augmenter inutilement la contre-pression de la vapeur sur le piston. Il est utile de pouvoir faire

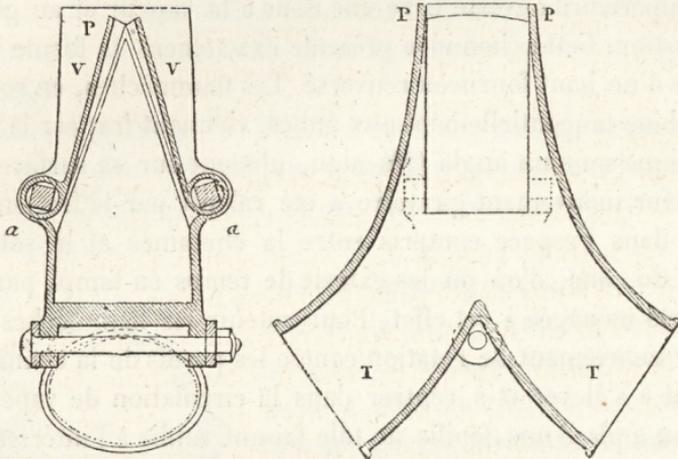


Fig. 519. Soupape d'échappement. Fig. 520.

varier à volonté la section de l'orifice d'échappement, car plus on rétrécit cet orifice, plus le tirage est énergique, mais aussi plus la contre-pression est forte; il faut donc le maintenir toujours aussi ouvert que le permet la combustion.

De nombreux appareils ont été proposés pour rendre l'échappement variable; nous ne décrivons que le suivant, qui a d'abord été employé sur le chemin de fer de Strasbourg à Bâle, puis adopté successivement sur toutes les autres lignes. Les tuyaux d'échappe-

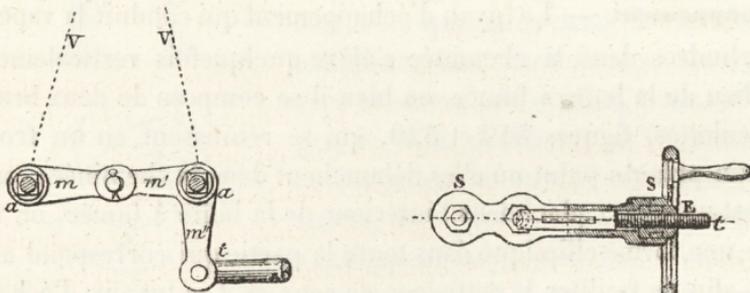


Fig. 521. Renvoi et volant de la soupape d'échappement. Fig. 522.

ment T (fig. 519 et 520) se terminent par deux surfaces planes

parallèles PP, entre lesquelles glissent en tournant autour d'axes *aa* deux valves arrondies VV. Les axes *aa* sont prolongés au dehors de la boîte à fumée et peuvent être manœuvrés par le mécanicien au moyen de la tringle filetée *tt* (fig. 521 et 522), des petites manivelles *m*, *m'*, *m''*, et du volant écrou E, dont le support S est fixé sur la boîte à feu.

**Registre et autres appareils pour modérer ou suspendre le tirage.** — Quand on veut diminuer l'énergie du tirage d'une machine en marche lorsque déjà on a ouvert l'échappement en grand, on ouvre une petite porte à coulisse placée sur le côté de la boîte à fumée. Il en résulte un appel d'air considérable qui diminue d'autant la quantité d'air qui traverse le combustible. On manœuvre généralement cette porte au moyen d'une longue tringle qui longe le corps cylindrique de la chaudière et se trouve ainsi à la portée du mécanicien.

On se sert encore, pour agir sur le tirage, d'une plaque horizontale placée au-dessus de la rangée supérieure des tubes. Les dimensions de la boîte à fumée doivent être en principe aussi restreintes que possible (*Guide du mécanicien*), car plus la boîte à fumée est petite, plus la dilatation de l'air dans cette boîte est grande pour une même action produite par l'échappement de la vapeur dans la cheminée, plus, par conséquent, le tirage devient alors énergique. La plaque mentionnée ci-dessus est de tous les moyens le meilleur pour réduire le volume de cette boîte. On fait, dans ce cas, descendre la cheminée jusqu'à cette plaque, assemblée par des cornières avec les parois verticales.

Les Anglais, pour modérer le tirage, emploient aussi un appareil composé de feuilles mobiles de persiennes (*Venetian blinds*) placées devant les tubes. On peut, au moyen de ces feuilles de persiennes, couvrir l'orifice des tubes en totalité ou en partie.

Nous avons déjà parlé en traitant des cendriers de la porte mobile du cendrier dont les Anglais font un fréquent usage pour modérer le tirage ou pour le suspendre tout à fait. On le suspend encore, quand la machine est arrêtée, à l'aide de l'obturateur ou *capuchon* placé sur l'orifice supérieur de la cheminée. Ce capuchon est mobile autour d'un axe vertical qui descend le long de la cheminée.

**Régulateur.** — Le régulateur, dont nous avons défini les fonctions, page 570, présente des dispositions qui varient à l'infini.

Dans les premières machines, il consistait en un robinet ou en une soupape qu'on manœuvrait de l'extérieur au moyen d'un arbre tournant ou d'une vis. Les robinets étaient sujets à *gripper*, c'est-à-dire que l'adhérence entre les deux surfaces frottantes devenait parfois si considérable, qu'il était impossible de les faire glisser l'une sur l'autre; les soupapes, pressées directement par la vapeur, étaient très-difficiles à séparer de leur sièges, et les joints de ces deux appareils, rodés par le passage de la vapeur, cessaient bientôt de fermer hermétiquement le conduit.

Dans le *régulateur à papillon* (fig. 523), l'extrémité du tuyau

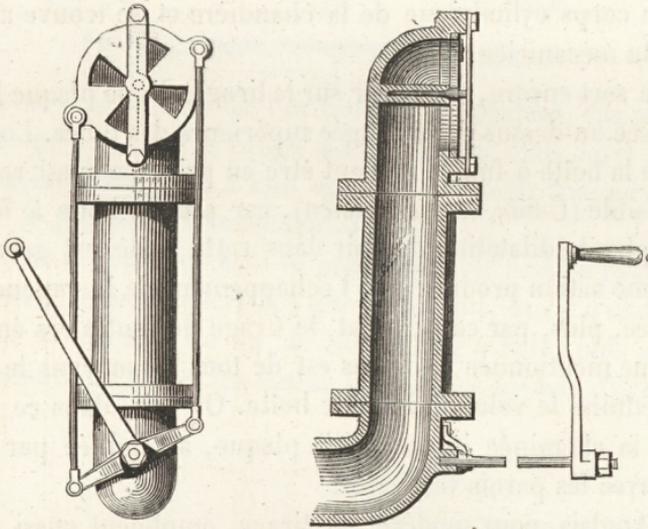


Fig 523. — Régulateur à papillon.

éducteur est fermée par un diaphragme dont la surface est dressée avec soin. Ce diaphragme est percé de quatre ouvertures situées sur deux diamètres perpendiculaires entre eux; la largeur de ces ouvertures est un peu moindre que celle des pleins qui les séparent. Un disque mobile circulaire, qu'on appelle *papillon*, s'applique sur la surface dressée du diaphragme; il est guidé dans son mouvement par une tige centrale qui pénètre dans la partie fixe du régulateur, et il est percé d'ouvertures tout à fait semblables à celles du

diaphragme. Si l'on fait tourner le disque mobile autour de son axe jusqu'à ce que ses parties pleines viennent correspondre aux ouvertures de la partie fixe, le passage de la vapeur sera interrompu. En faisant correspondre plus ou moins exactement les deux séries d'orifices, on livrera à la vapeur un passage plus ou moins grand. Un ressort qui appuie sur le disque mobile le force à rester constamment appliqué sur son siège. On manœuvre le papillon au moyen d'un arbre à manivelles qui sort de la chaudière en traversant un presse-étoupes et au moyen de deux petites bielles pendantes. Ce régulateur grippe rarement, mais il donne assez souvent lieu à des fuites de vapeur parce qu'il s'interpose des matières étrangères entre les deux surfaces frottantes, et il s'use inégalement.

Le régulateur à tiroir (fig. 524) présente beaucoup d'analogie avec le précédent, et il est généralement préféré; il se compose ordinairement

d'une plaque rectangulaire mobile percée d'un ou de plusieurs orifices ou lumières également rectangulaires. Cette plaque glisse sur une table fixe percée d'orifices analogues : si les vides du tiroir mobile correspondent aux vides du siège, le régulateur est ouvert et livre passage à la vapeur; si, au contraire,

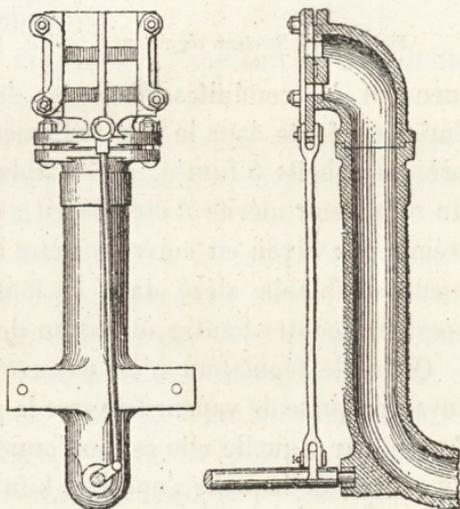


Fig. 524. — Régulateur à tiroir.

les pleins du tiroir correspondent aux vides du siège, le régulateur est fermé et la vapeur ne passe pas. Le régulateur à tiroir est mis en mouvement comme celui à papillon, il doit avoir une surface aussi faible que possible, afin qu'il ne soit pas trop dur à manœuvrer.

Dans plusieurs machines de construction récente on a disposé le régulateur à tiroir comme l'indique la figure 525. La tige du tiroir sort directement de la caisse en fonte et traverse deux

presse-étoupes; on la manœuvre au moyen d'un levier à poignée placé sur la boîte à feu. Cette disposition est avantageuse dans les machines dont le réservoir de vapeur est partout assez

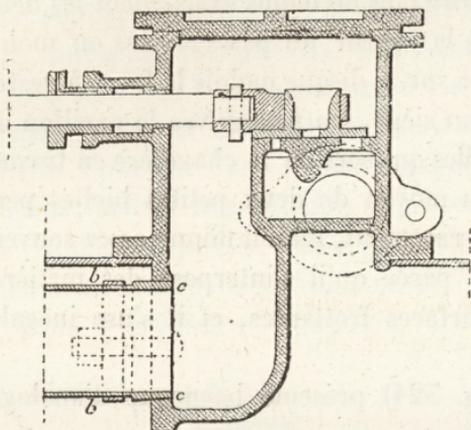


Fig. 525. — Nouveau régulateur à tiroir.

haut pour qu'il n'y ait que peu ou point d'eau entraînée avec la vapeur. Elle permet de visiter et de réparer très-facilement le régulateur.

**Tuyau de conduite de la vapeur.** — Le tuyau par lequel la vapeur se rend de la chaudière aux cylindres est généralement en cuivre rouge, sauf dans la partie où se trouve le régulateur et celle où commencent les conduites distinctes des deux cylindres. Il est tout entier en fonte dans le cas seulement où le régulateur est placé près de la boîte à fumée. L'assemblage du tube avec la partie fixe du régulateur mérite d'être décrit : un cône en laiton placé à l'extrémité du tuyau en cuivre pénètre dans un cône intérieur exactement semblable alézé dans la fonte; les deux parties sont serrées l'une contre l'autre au moyen de deux boulons et d'un collier.

Quand le régulateur n'est pas extérieur, la partie horizontale du tuyau de prise de vapeur traverse la plaque tubulaire de la boîte à fumée, sur laquelle elle est boulonnée ainsi que la culotte en fonte au moyen de laquelle s'opère la bifurcation.

Sur cette culotte ou sur la boîte du régulateur, quand il est extérieur, s'assemblent les tuyaux spéciaux de chacun des deux cylindres. Ces tuyaux sont en cuivre rouge; ils suivent les parois de la boîte à fumée, afin de ne pas cacher les tubes à fumée. Quand ils sont extérieurs, ils s'appliquent sur la chaudière et sont recouverts d'une enveloppe en tôle mince qui empêche le refroidissement.

Quelquefois leur joint sur la boîte à tiroir se fait au moyen d'un presse-étoupes, afin de ne pas contrarier les dilatations.

La somme des sections des deux tuyaux doit être égale à celle du tuyau principal.

Le tuyau de prise de vapeur de la machine Crampton, adopté aujourd'hui dans un grand nombre de machines, a une forme particulière : il occupe toute la longueur de la chaudière, ou mieux de la partie cylindrique seulement, et se raccorde dans un point voisin de l'extrémité d'avant avec une boîte en fonte placée à l'intérieur et qui comprend le régulateur.

#### MÉCANISME MOTEUR ET DE DISTRIBUTION.

Dans ce paragraphe, nous aurons à décrire :

Les cylindres, les boîtes à vapeur, les pistons, les tiroirs et leurs accessoires ;

Les glissières, les têtes de piston, les bielles, manivelles, et le mécanisme qui opère la distribution ;

Les modifications qu'on a fait subir à l'appareil de distribution pour utiliser la détente de la vapeur.

**Cylindres et boîtes à vapeur.** — Nous avons vu que l'appareil moteur consiste en deux parties parfaitement symétriques disposées de part et d'autre de l'axe de la machine.

Le cylindre est un tube en fonte de 20 à 25 millimètres d'épaisseur dont la paroi intérieure est parfaitement alésée, c'est-à-dire tournée de manière à former un cylindre parfait et exempt de toute saillie et de toute rugosité. A ses deux extrémités le cylindre est muni de brides, sorte d'anneaux venus de fonte avec lui et sur lesquels s'assemblent le fond et le couvercle. La bride du fond, située à l'arrière du cylindre, est souvent intérieure, disposition qui donne à l'assemblage plus de solidité et au joint plus de durée. La bride du couvercle, située à l'avant, est toujours extérieure, sans quoi elle rétrécirait l'ouverture du cylindre et s'opposerait à l'introduction du piston. Cette disposition est motivée; en effet, il est extrêmement rare que l'on retire le fond d'un cylindre dans une machine en service, tandis qu'il faut enlever le couvercle toutes les fois qu'il y a lieu de visiter ou de réparer le piston ou la surface intérieure du cylindre. Les brides doivent être bien dressées, c'est-à-dire parfaite-

ment planes et perpendiculaires à l'axe du cylindre; le fond et le couvercle sont également dressés et fixés sur le cylindre au moyen de boulons; ils présentent tous deux une saillie cylindrique ou entrée de 0<sup>m</sup>,05 à 0<sup>m</sup>,06 de longueur qui pénètre dans le cylindre et sert à les centrer. Afin de rendre le joint complètement étanche, on interpose entre les deux surfaces une ficelle goudronnée entourée de mastic au minium.

Les cylindres sont généralement placés au delà du corps cylindrique de la chaudière, dans la boîte à fumée, au-dessous ou à côté de cette capacité. Cependant on trouve dans certains modèles et dans les machines du système Crampton les cylindres placés de part et d'autre du corps cylindrique entre les roues d'avant et les roues du milieu. Ils sont horizontaux ou inclinés. L'inclinaison des cylindres facilite souvent le service; mais, poussée au delà de certaines limites, 20 à 25 degrés par exemple, elle présente des inconvénients assez graves.

Les lumières d'introduction, *ll* (fig. 526), partent toutes deux de

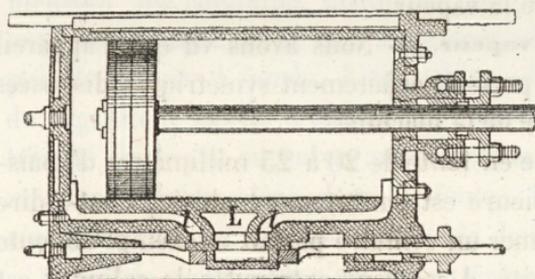


Fig. 526. — Cylindre avec tiroir inférieur.

la table du cylindre, et viennent aboutir aux deux extrémités de ce cylindre aussi près de la bride que possible; leur prolongement est marqué sur les entrées du fond et du couvercle; elles sont de forme

rectangulaire et présentent chacune une section proportionnelle à celle du piston.

La lumière d'échappement *L*, placée entre les deux précédentes, a une section presque double de chacune de celles-ci; elle suit, sur une certaine longueur, la paroi du cylindre, puis vient s'assembler au moyen de brides et de boulons sur le tuyau en cuivre rouge ou en fonte qui conduit la vapeur à la culotte d'échappement.

Dans les anciennes machines, la boîte à vapeur se composait d'un cadre en fonte boulonné sur la table du cylindre et fermé par un couvercle assemblé de la même manière. Maintenant les construc-

teurs préfèrent la faire venir de fonte avec le cylindre; cette disposition (fig. 527), qui ne présente pas de grandes difficultés de moulage, supprime un joint, ce qui est toujours avantageux.

Quand les cylindres sont intérieurs et les boîtes à vapeur placées sur le côté de ces cylindres, elles sont généralement assez rapprochées pour pouvoir être réunies de manière à ne former qu'une seule capacité. Dans ce cas, la paroi antérieure de la boîte commune est fermée par une plaque mobile unique qui permet de visiter et de réparer les tables des cylindres sans les démonter. Cette disposition, adoptée dans les machines à marchandises du chemin de fer de Paris à Strasbourg, est très-solide, mais elle présente l'inconvénient d'être fort peu commode pour les réparations; aussi a-t-on préféré, dans les machines mixtes et à marchandises du chemin de fer de Lyon, reporter les tiroirs obliquement sous les cylindres et fermer la partie inférieure de la boîte à vapeur par une grande plaque mobile.

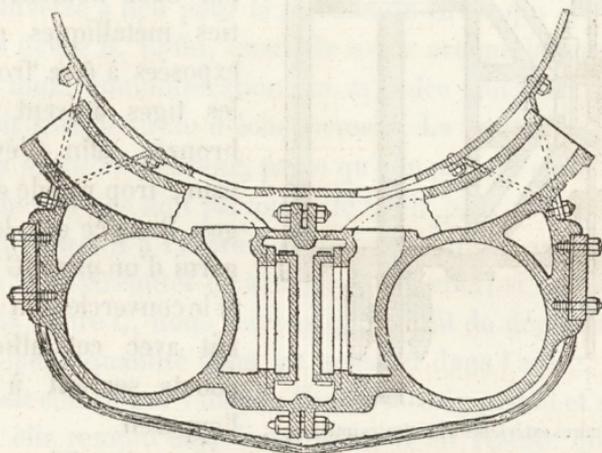


Fig. 527. — Cylindres avec tiroirs intérieurs.

Quand les cylindres sont extérieurs, ils sont trop écartés pour qu'on puisse réunir leurs boîtes à vapeur; on ferme alors celles-ci par de grands plateaux convenablement consolidés par des nervures. Généralement on rend mobile la paroi antérieure de ces boîtes, afin de pouvoir introduire la tige du tiroir. On réunit alors les deux boîtes à tiroirs par une ou deux entre-toises en fer e

(fig. 528), sorte de gros boulons portant quatre écrous serrés sur de fortes oreilles venues de fonte avec la boîte à tiroirs.

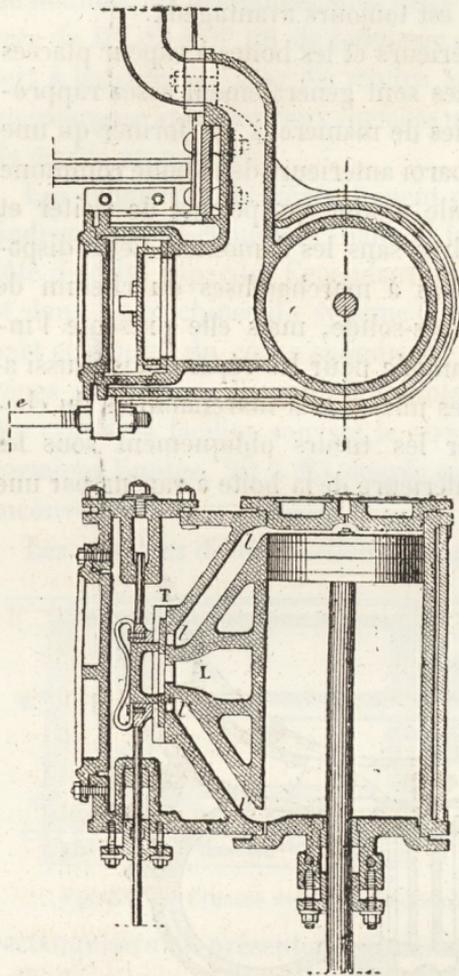


Fig. 528. —Cylindres extérieurs avec tiroirs intérieurs.

Les tiges des pistons et des tiroirs traversent les fonds des cylindres et des boîtes à vapeur et doivent glisser sans donner issue à la vapeur dans les ouvertures qui y sont ménagées. A cet effet, l'on munit ces ouvertures des *tuffing-box*, ou *boîtes à étoupes*, cavités cylindriques dans lesquelles on comprime des tresses de chanvre enduit de suif, au moyen de couvercles serrés par deux boulons. Les parties métalliques qui sont exposées à être frottées par les tiges doivent être en bronze, afin d'éviter une usure trop rapide de ces tiges. Dans ce cas, le fond est garni d'un *grain* G (fig. 529) et le couvercle tout entier est fait avec cet alliage. Des godets servent à graisser

l'appareil.

Les *tiroirs* sont généralement en fonte, quelquefois en bronze. La fonte de bonne qualité, ne donnant pas lieu à plus de frottements que le bronze et coûtant moins cher, obtient généralement la préférence. Nous avons déjà décrit sommairement la forme et les fonctions des tiroirs, nous allons entrer dans quelques développements à cet égard.

Les figures 530, A, B, C, représentent les trois positions principales que peut prendre le tiroir. Dans la figure A, la vapeur qui rem-

plit la boîte à tiroir pénètre dans la capacité 1 du cylindre et force le piston à marcher dans le sens indiqué par la flèche, tandis que

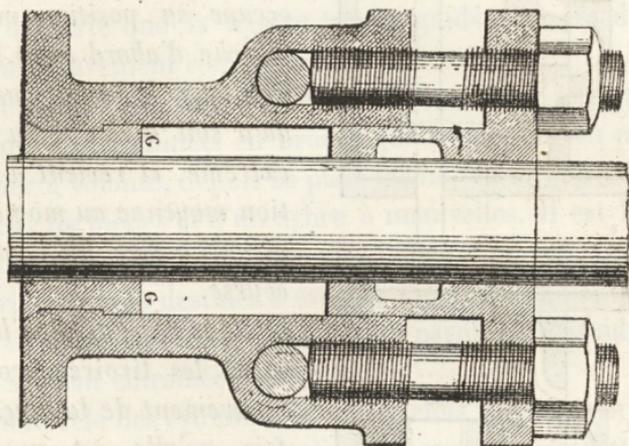


Fig. 529. — Stuffing-box, ou presse-étoupes.

celle qui est contenue dans la capacité 2 s'échappe dans l'atmosphère. L'inverse a lieu pour la position du tiroir qui est représentée dans la figure B. Enfin, quand le tiroir occupe la position C, il intercepte toute communication du cylindre soit avec la boîte à vapeur, soit avec le tuyau d'échappement. La position C, que nous appellerons *position moyenne*, parce qu'elle partage en deux parties égales le chemin que doit parcourir le tiroir pour passer d'une des *positions extrêmes* A à l'autre B, convient au tiroir quand le piston est à l'une des extrémités de sa course. En effet, si nous nous reportons à la figure C, nous verrons qu'il suffit de déplacer le tiroir d'une très-faible quantité dans un sens ou dans l'autre, pour que la vapeur soit admise sur l'une ou l'autre face du piston et s'échappe du côté où elle remplit déjà le cylindre. Il en résulte que, *toutes les fois que le piston est au bout de sa course, le tiroir doit être au milieu de la sienne*. Si nous poursuivons cet examen, nous voyons également que, *pour que le piston se mette à marcher dans un sens quand il est près d'une des extrémités de sa course, il faut que le tiroir marche aussi dans le même sens*.

Des deux faits que nous venons de constater, nous déduisons la règle suivante :

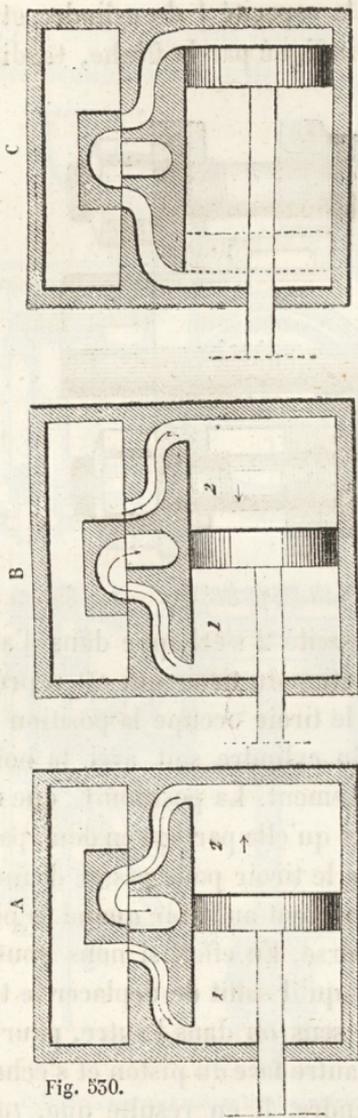


Fig. 550.

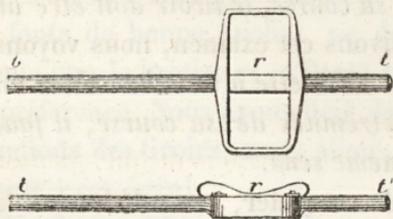


Fig. 551.

Pendant que le piston passe d'une des extrémités de sa course à l'autre, le tiroir, qui occupe sa position moyenne, marche d'abord dans le même sens que le piston jusqu'à ce qu'il soit arrivé à sa position extrême, et revient à sa position moyenne au moment où le piston arrive au bout de sa course.

Nous verrons plus loin comment les tiroirs reçoivent le mouvement de la machine une fois qu'elle est en marche ; nous verrons également les modifications qu'il convient d'apporter dans cette distribution normale pour tirer de la vapeur tout le parti possible.

Le tiroir est exposé à s'user, et il arrive parfois qu'il se lève pour donner passage à l'air comprimé par le piston quand le mécanisme de changement de marche est disposé pour la marche en arrière, tandis que la machine continue son mouvement en avant. C'est pourquoi il est logé dans un cadre en fer généralement venu de forge avec la tige (fig. 551) qui communique le mouvement alternatif au tiroir. Un ressort *r*, fixé sur le cadre, l'appuie continuellement sur son siège.

Quand les tiroirs sont disposés latéralement aux cylindres ou sous ces cylindres, la tige  $t$  porte un prolongement  $t'$  au delà du cadre; ce prolongement pénètre dans la paroi antérieure de la boîte à tiroir, de sorte que la tige se trouve guidée par les deux bouts dans son mouvement rectiligne.

Les cylindres portent aux deux extrémités de leur génératrice inférieure deux robinets en bronze que le mécanicien peut ouvrir ou fermer à volonté, depuis sa plate-forme, au moyen d'une tringle à poignée, de bielles et d'un arbre à manivelles. Il est bon de disposer un robinet semblable sous les boîtes à vapeur. Ces robinets, dits *purgeurs*, sont destinés à évacuer l'eau de condensation qui se dépose dans les cylindres quand leurs parois sont froides et celle qui est souvent entraînée par la vapeur.

Le couvercle des cylindres et quelquefois la boîte à tiroir portent un autre robinet qui sert à graisser les surfaces frottantes. La disposition représentée figure 552 permet de graisser, la machine étant en marche. Le robinet  $r$  étant ouvert, celui  $r'$  fermé, on remplit d'huile le réservoir sphérique  $s$ , puis on ferme  $r$ , on ouvre  $r'$ , et l'huile pénètre dans le cylindre.

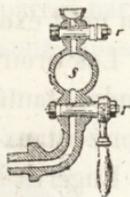


Fig. 552.

Dans l'origine, les cylindres étant toujours placés dans l'intérieur de la boîte à fumée, on les fixait au moyen de leurs brides sur la plaque tubulaire et sur la paroi antérieure de cette capacité. Cette disposition fatiguait la chaudière et ne présentait pas une solidité suffisante; aussi fixe-t-on maintenant les cylindres directement sur les longerons des châssis au moyen de larges pattes en fonte. On ne doit rien négliger pour rendre les cylindres parfaitement fixes par rapport au mécanisme de la machine; et, à cet effet, on doit les attacher surtout sur le châssis. Il est bon néanmoins de les relier à la boîte à fumée, afin que toutes les parties qui composent la machine soient solidaires les unes des autres.

Quand les cylindres ne sont pas contenus dans la boîte à fumée, il est nécessaire de les préserver du refroidissement qui résulterait du contact immédiat de leurs parois avec l'air sans cesse renouvelé par la marche de la machine. A cet effet, on les entoure d'une en-

veloppe en feutre et bois qu'on recouvre même quelquefois de tôle. Le couvercle est évidé de manière à présenter une cavité qu'on remplit de feutre et qu'on recouvre d'une plaque de tôle ou de laiton. On en fait autant pour le plateau qui ferme la boîte à tiroir. La figure 528 indique suffisamment les dispositions de cette enveloppe.

M. Polonceau a aussi employé avec avantage l'enveloppe de vapeur employée pour les machines fixes. (Voir plus loin le résultat de ces expériences avec des cylindres, avec ou sans enveloppe de vapeur.)

Théoriquement, la distance qui sépare le fond du couvercle d'un cylindre devrait être égale à la course du piston, augmentée de l'épaisseur du piston. Mais, si l'on n'augmentait pas cette longueur, la moindre usure dans les organes de transformation de mouvement ou la plus petite quantité de matières étrangères solides ou liquides amèneraient inévitablement la rupture du cylindre ou de son fond. Pour éviter cette rupture, on donne au vide du cylindre un petit excédant de longueur, qu'on appelle *jeu du piston*.

Les tiroirs sont placés tantôt au-dessus, tantôt au-dessous du cylindre, tantôt sur le côté à l'intérieur ou à l'extérieur, et ils sont horizontaux ou deviennent inclinés. Dans les machines Crampton et Engerth ils sont placés en dessous et obliques. Dans les machines à marchandises à cylindres intérieurs M. Polonceau les a placés latéralement et du côté extérieur, afin de pouvoir donner un grand diamètre aux cylindres. Dans d'autres machines à cylindres extérieurs on les place latéralement et à l'intérieur. Enfin dans la machine le *Rhin* ils sont en dessous et inclinés.

**Pistons.** — On distingue dans le piston trois parties principales : le *corps*, la *tige*, la *garniture*. Le corps du piston se compose de deux disques dits *plateaux*, d'un diamètre un peu moindre que le cylindre. L'un de ces disques, *dd* (fig. 555), porte en son milieu un renflement *ss*, à quatre oreilles, alésé, conique à l'intérieur. L'extrémité de la tige du piston pénètre dans cette espèce de moyeu et s'y fixe au moyen d'une clavette qui les traverse tous les deux. Le second plateau, *d'd'*, présente une simple ouverture circulaire dans laquelle se loge l'extrémité du renflement dont nous venons de

parler; quatre boulons, dont les têtes et les écrous sont logés dans l'épaisseur de la fonte afin de ne pas faire saillie sur le corps du piston, réunissent les deux disques.

Le plateau *d'd'*, ainsi que les écrous des boulons, doit se trouver du côté du couvercle du cylindre, afin qu'on puisse visiter la garniture du piston sans le sortir complètement.

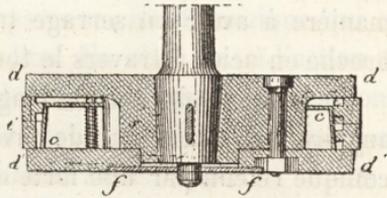


Fig. 535. — Coupe d'un piston.

Un *frein ff*, formé d'une plaque de tôle échancrée de manière à embrasser les écrous et à ne pas les laisser tourner, est également encastré dans le plateau mobile et tenu en place au moyen d'une forte *goupille* que traverse l'extrémité de la tige du piston; enfin l'on goupille aussi les boulons, afin qu'ils ne puissent ni tourner ni sortir de leurs logements.

Dans plusieurs machines construites tout récemment, la tige est terminée par deux cônes dont les grandes bases sont séparées par une embase cylindrique (fig. 534). Les deux plateaux sont alors

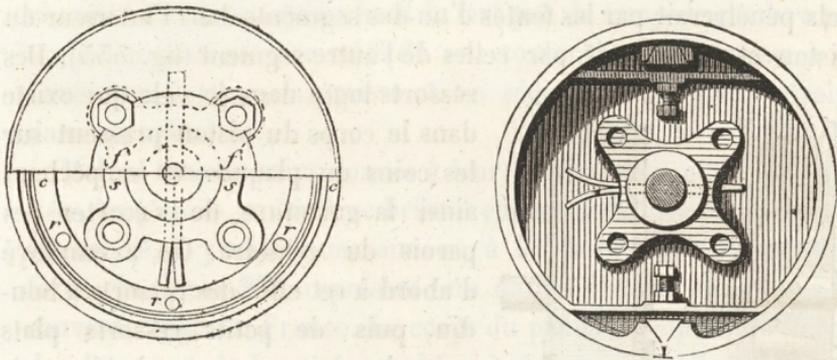


Fig. 534. — Pistons.

presque exactement semblables et serrés sur cette embase par les quatre boulons, au lieu d'être clavetés sur la tige. Ce système a l'inconvénient grave de laisser prendre du jeu aux plateaux sur la tige.

Une des meilleures dispositions consiste à fixer à vis le plateau

sur la tige. La vis est légèrement conique et le pas très-fort. On ajuste et on rode les taraudages l'un sur l'autre, puis on visse avec une barre de 4 mètres de longueur mue par quatre hommes, de manière à avoir un serrage très-puissant. On passe ensuite une broche en acier à travers le tout.

Un autre mode d'assemblage de la tige et du piston qui jouit aujourd'hui d'une grande faveur consiste dans l'emmanchement conique retenu par une forte clavette; c'est du moins celui qui est employé au chemin de fer de l'Est presque exclusivement.

La garniture se compose toujours de deux anneaux superposés, en fonte ou en bronze, appelés *segments*. Aujourd'hui la fonte est généralement préférée pour les pistons, par les mêmes raisons qui l'ont fait adopter pour les tiroirs.

**Anciens pistons à ressort.** — Les segments sont toujours fendus en un ou plusieurs points de leur circonférence, afin de pouvoir être appliqués exactement contre les parois du cylindre; ils sont disposés *plein sur joint*, c'est-à-dire que les fentes de l'un correspondent au milieu des parties qui composent l'autre. Des *coins*, ou quelquefois de *petites plaques* qui épousent exactement la forme intérieure du segment, ferment toute issue à la vapeur, qui sans cela pénétrerait par les fentes d'un des segments dans l'intérieur du piston et ressortirait par celles de l'autre segment (fig. 555). Des

ressorts logés dans le vide qui existe dans le corps du piston pressent sur les coins ou plaques, et empêchent ainsi la garniture de s'écarter des parois du cylindre. On a employé d'abord à cet effet des ressorts à boudin, puis de petits ressorts plats qu'on bandait au moyen de vis; mais on a fini par donner la préférence aux segments à une seule fente, munis d'un coin (fig. 554) et d'un grand ressort circulaire qui est plus élasti-

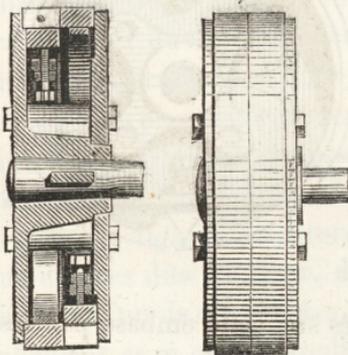


Fig. 555.

que et moins sujet à se briser que les petits ressorts ou les ressorts à boudin.

L'épaisseur du segment est alors inégale et croît depuis la fente qui reçoit le coin jusqu'à l'extrémité opposée du coin correspondant.

Dans un autre piston construit sur les indications de M. Goussart, les segments sont forcés à s'ouvrir par une cuvette conique qui est pressée par de petits ressorts à boudins. En obéissant à l'action de ces ressorts, la cuvette appuie sur de petits tasseaux venus de fonte avec les segments et faisant partie du couvre-joint. Ce piston est bon, mais coûteux d'entretien et difficile à bien établir.

On a aussi employé des segments faisant eux-mêmes ressort et fermés à la fente par une petite lame d'acier ou de bronze ajustée à queue d'aronde; pour cela, on fend le segment, et il s'ouvre sur un diamètre un peu supérieur à celui du cylindre; entrés de force dans le cylindre, ces segments pressent les parois par leur propre élasticité, et, s'ils sont construits avec soin, ils peuvent rendre d'utiles services; mais, lorsqu'ils sont mal exécutés, ils remplissent imparfaitement le but; c'est ce qui a eu lieu le plus souvent lorsqu'on en a fait l'emploi, et c'est ce qui explique comment on a renoncé à leur usage.

Dans les premières machines, c'était une garniture en chanvre qui faisait l'office des ressorts; cette disposition est entièrement abandonnée, parce qu'au bout de fort peu de temps le chanvre perd toute son élasticité par suite de son contact avec la vapeur à une haute température, la graisse et les sédiments qui sont entraînés dans les cylindres.

Malgré tous les soins donnés à leur construction et à leur entretien, les pistons en fonte se brisant encore assez fréquemment, on est arrivé, il y a quelques années, à les faire entièrement en fer forgé. La figure 557 représente un de ces pistons, dont on a fait souvent usage en France. Le corps du piston, composé du moyeu, du plateau et de la zone annulaire à travers laquelle passent les boulons, est forgé d'une seule pièce; le plateau du dessus seul est rapporté, il est également en fer.

Le forgeage de ces pistons exige une disposition de matrices bien organisée et un marteau pilon d'une grande puissance. Il n'y a pas plus de dix années, on aurait regardé comme impossible d'obtenir de semblables pièces en fer forgé.

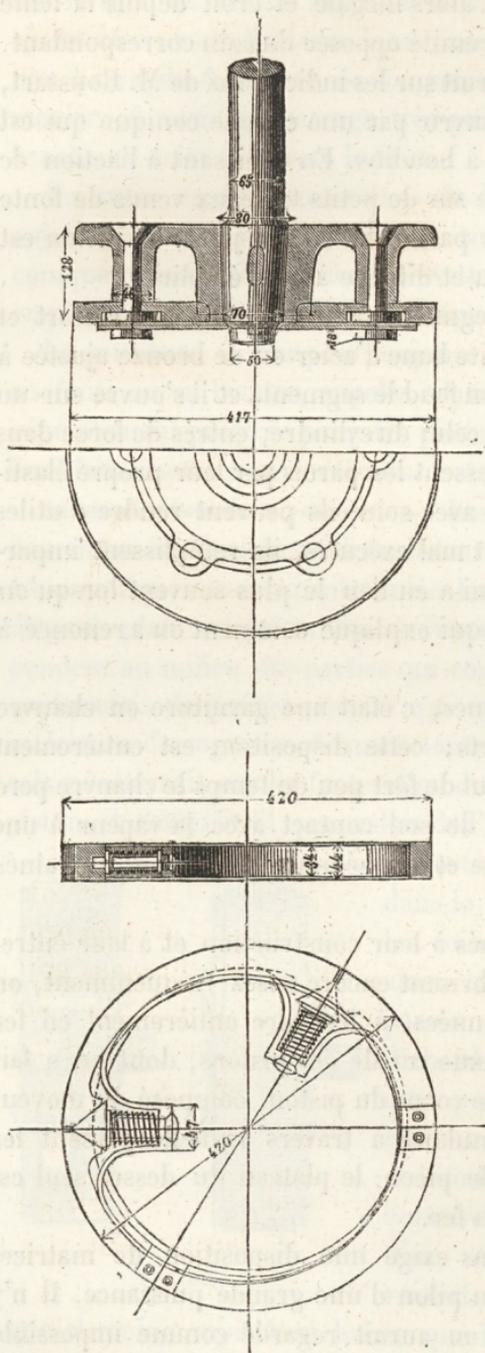


Fig. 536. — Piston Vancamp.

**Piston Vancamp.** — La figure 536 représente un segment de piston du système de M. Vancamp; ces segments sont formés de deux pièces assemblées à charnière qui peuvent s'appliquer plus facilement sur les parois du cylindre. Le coin est poussé par un ressort à boudin qui n'a pas besoin d'une forte tension. L'emploi de ces segments s'est étendu à une grande partie des chemins de fer français.

**Piston Ramsbottom.** —

Un autre système de piston très-simple et qui jouit d'une grande faveur est celui qu'a inventé M. Ramsbottom. Il se compose d'un corps de piston en fer forgé d'une seule pièce évidée à sa partie supérieure pour en diminuer le poids. Sur la circonférence sont ménagées des gorges dans lesquelles on introduit de petits cercles en acier doux fondu qui font ressort et viennent presser sur les parois du cylindre. Ce piston se distingue par une très-grande simplicité et une très-grande légèreté;

et les frais d'entretien qu'il exige sont très-peu considérables.

**Piston suédois.** — Le piston suédois (fig. 537) ne diffère du piston Ramsbottom qu'en ce que les cercles de ce piston, au nombre de deux, sont en fonte, au lieu d'être en acier, et beaucoup plus larges.

Il y a longtemps déjà que M. Cavé a employé des pistons du même genre que le piston Ramsbottom ou le piston suédois pour les cylindres de ses marteaux pilons.

Les garnitures d'acier ont été essayées pour les pistons à ressort, mais elles n'ont pas donné de bons résultats. Elles grippaient facilement et étaient cassantes.

Quand le piston est écarté du fond du cylindre, il tend à venir s'appliquer sur la partie inférieure de ce cylindre. Cet effet ne peut avoir lieu que si la tige fléchit, ce qui produit des frottements nuisibles et use inégalement le cylindre. Afin d'éviter cette flexion, on soutient quelquefois le corps du piston et sa tige au moyen de deux petits ressorts qui s'appuient à leurs deux extrémités sur le corps du piston, et qu'on règle au moyen de vis taraudées dans leur épaisseur et butant sur les segments.

La tige du piston est en acier tourné et poli. Elle est parfaitement cylindrique, sauf à l'extrémité qui pénètre dans le corps et à celle qui reçoit la tête du piston.

Nous avons déjà décrit les deux formes les plus usitées de l'emmanchement dans le corps du piston; l'autre bout de la tige est aminci, de manière à former un cône très-allongé.

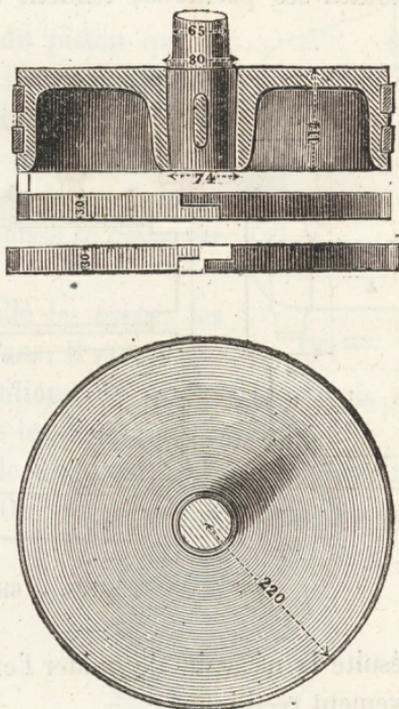


Fig. 537. — Piston suédois.

**Têtes de piston et glissières.** — La bielle reçoit de la part du piston des pressions qui, vu l'obliquité qu'elle présente dans presque toutes ses positions, tendent à fausser la tige du piston. Il

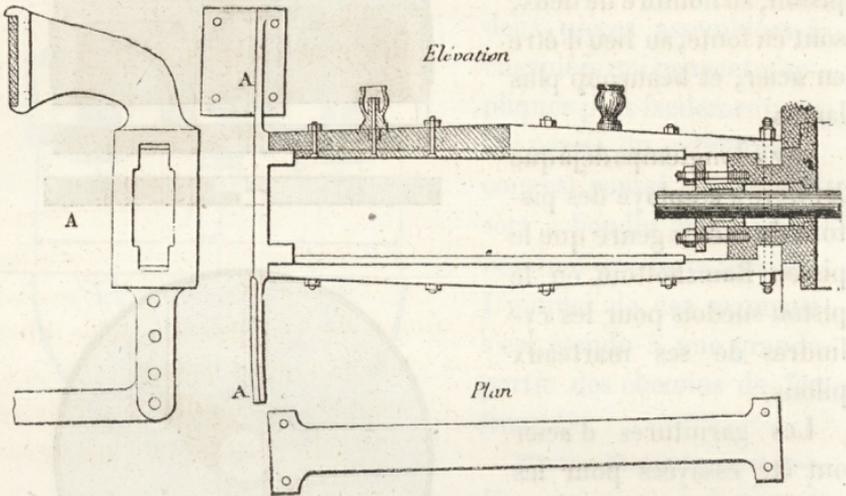


Fig. 558. — Glissières.

en résulte la nécessité de guider l'extrémité de cette tige dans son mouvement rectiligne.

A cet effet, l'on dispose en dessus et en dessous de la tige deux règles plates appelées *glissières* (fig. 558).

Les glissières sont en acier ou en fer recouvert d'une mise d'acier fixée au moyen de boulons à têtes noyées.

La face inférieure de la glissière supérieure et la face supérieure de la glissière inférieure sont parfaitement planes; leur axe se trouve de plus dans le même plan vertical que l'axe du cylindre et lui est parallèle. Les glissières sont fixées d'une part sur le corps du presse-étoupes du cylindre, d'autre part sur une *arcade A*, solidement attachée au bâti de la machine. Cette arcade est tantôt pleine (fig. 559), tantôt évidée (fig. 558), suivant que la bielle est à fourche ou droite.

Les glissières, étant solidement arrêtées par leurs deux extrémités, tendent surtout à fléchir vers le milieu de leur longueur, aussi leur épaisseur va-t-elle en croissant des extrémités vers le

milieu. Leur largeur est nécessairement constante; elle doit être de dimensions telles, que la pression soit répartie sur une grande surface.

La *tête*, *crosse* ou *coquille* du piston qui se ment entre les glissières est en fer; elle est percée d'un trou conique dans lequel pénètre le cône qui termine la tige du piston; l'assemblage est fait au moyen d'une forte clavette, qu'on goupille afin qu'elle ne puisse se desserrer en marche.

On distingue dans la coquille le *corps*, les *coulisseaux* et le ou les *tourillons*. Il existe une variété infinie dans les dispositions de ces pièces; mais elles rentrent toutes à peu près dans les deux types suivants :

Quand la bielle est droite, le corps de la coquille présente la forme d'une fourche F (fig. 540), entre les deux branches de la-

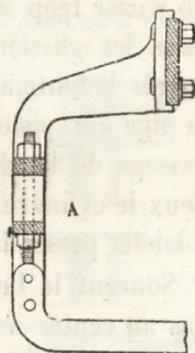


Fig. 539.

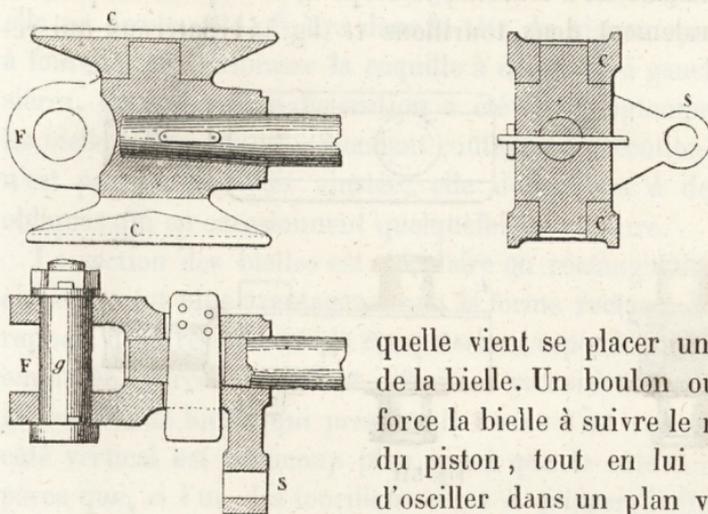


Fig. 540.

quelle vient se placer une des têtes de la bielle. Un boulon ou goujon *g* force la bielle à suivre le mouvement du piston, tout en lui permettant d'osciller dans un plan vertical. Les coulisseaux *CC* sont fixés au moyen

de vis sur la crosse, ou bien ils sont entraînés dans son mouvement par deux petites saillies cylindriques de cette crosse qui viennent se loger dans le coulisseau. Dans ce dernier cas ils peuvent obéir aux petites irrégularités que présentent quelquefois les glissières. Les coulisseaux sont en fonte, bronze ou acier. La fonte acquiert un fort beau poli et présente beaucoup de durée quand

on la graisse soigneusement dans le début; le bronze a le défaut de s'user trop rapidement, et l'acier celui de rayer fréquemment dans les glissières. M. Polonceau a employé avec beaucoup de succès la fonte alliée à 4 pour 100 d'étain. Il convient de renfler la tige du piston dans son assemblage avec la crosse, afin que le passage de la clavette ne l'affaiblisse pas. Pour cela on fend en deux le cylindre en bronze qui garnit le presse-étoupe, de manière à laisser passer la tige.

Souvent le boulon qui fixe la bielle à la crosse de piston n'est pas au centre des coulisseaux; les parties frottantes s'usent alors rapidement et irrégulièrement; la tige du piston est exposée à se forcer.

Dans la figure 540, qui représente la crosse des machines à voyageurs du chemin de fer de Lyon, la patte S sert à mettre en mouvement le plongeur de la pompe.

Quand la bielle est à fourche, le corps de la coquille est plein et porte généralement deux tourillons *tt* (fig. 541) latéraux qui re-

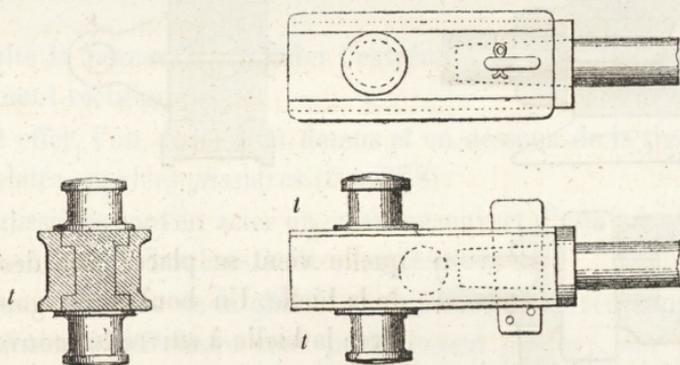


Fig. 541.

çoivent les deux bras de la bielle. D'autres fois il est traversé par un goujon unique qui tantôt peut tourner dans une bague en bronze rapportée à cet effet dans son intérieur, tantôt est maintenu fixe au moyen d'une goupille. La disposition des coulisseaux est la même que celle qui vient d'être indiquée.

Dans les machines de Sharp-Roberts, il y a quatre glissières par cylindre, fixées latéralement au bâti de la machine. La crosse

(fig. 542) est à fourche; elle est traversée par un petit arbre *aa* qui sert de point d'attache à la bielle et porte à chacune de ses extrémités un coulisseau. Cette disposition, quoique bonne, est généralement abandonnée, parce qu'elle exige quatre glissières par cylindre, ce qui est presque toujours gênant.

**Bielles.** — Les bielles transmettent le mouvement du piston à l'essieu à manivelles. Elles se composent de trois parties : les deux têtes et le corps de la bielle. L'une des têtes est reliée, avon-nous dit, avec la tige du piston, l'autre avec l'essieu; la première s'appelle la *petite tête*, la seconde la *grosse tête* de la bielle. La bielle est à *fourche* (fig. 543) ou *droite* (fig. 544). Quand elle est droite, elle pénètre dans la tête du piston; quand elle est à fourche, elle embrasse la coquille à droite et à gauche des glissières. Cette dernière disposition a été fort longtemps en faveur. La bielle à fourche est cependant coûteuse d'exécution, et, si elle n'est pas parfaitement ajustée, elle donne lieu à des tractions obliques qui en occasionnent quelquefois la rupture.

La section des bielles est circulaire ou rectangulaire. La forme circulaire est plus avantageuse que la forme rectangulaire sous le rapport de la résistance à la compression; cependant elle n'est plus employée, parce qu'elle est difficile à raccorder avec celle de la grosse tête de bielle, qui présente la forme d'un rectangle dont le côté vertical est beaucoup plus grand que le côté horizontal, et parce que, si l'un des tourillons vient à *gripper*, l'effort considérable qui en résulte tend à opérer la rupture dans le sens du plan vertical du mouvement. La forme des têtes varie à l'infini. La figure 545 représente une petite tête de bielle fort simple; elle se compose d'un renflement cylindrique percé d'un œil garni d'un anneau en bronze qu'on peut remplacer quand il est ovalisé par l'usure. Cette tête de bielle est peu coûteuse, et, quand elle est bien exécutée, elle est fort bonne et dure très-longtemps sans avoir be-

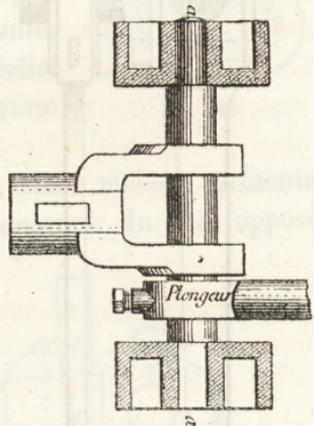
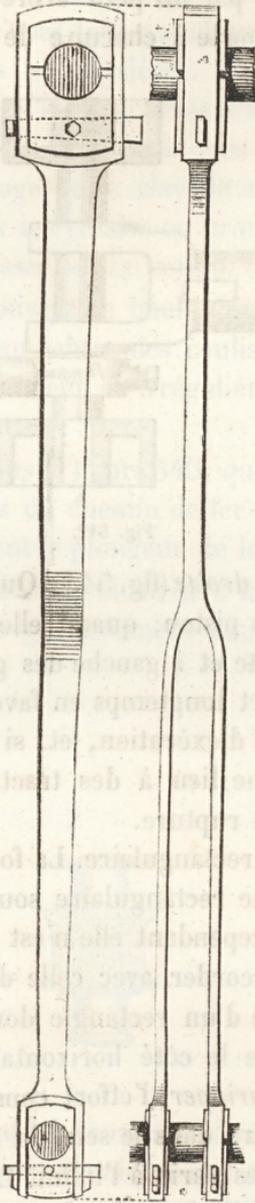
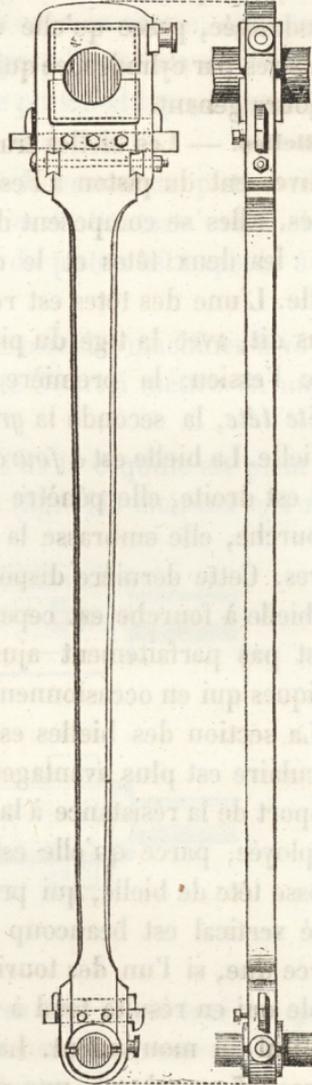


Fig. 542.

soin d'être réparée, à cause de la faible amplitude du mouvement



543. — Bielle à fourche.



544. — Bielle droite.

qui a lieu en ce point. La disposition représentée dans la figure 546 est fort usitée dans les bielles à fourche. On *rattrape* l'usure au moyen de clavettes qui permettent de resserrer les coussinets quand

ils n'embrassent plus exactement les tourillons ; mais elle a le grave défaut d'occasionner la rupture des tiges de piston, parce que, les coussinets s'usant inégalement et les mécaniciens serrant plus un côté que l'autre, la bielle et la tige de piston se tordent. Toutes les machines ainsi montées brisent leurs bielles ou leurs tiges de piston au bout d'un certain temps de service.

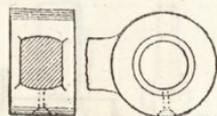


Fig. 545

La tête de bielle figure 547, dite à *chape mobile*, présente l'avantage d'occuper peu d'espace en longueur du côté opposé

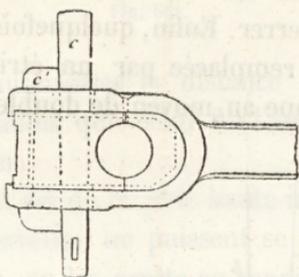


Fig. 546.

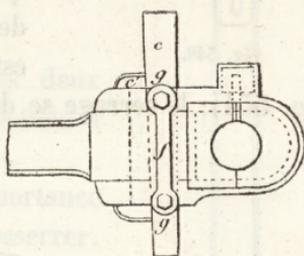


Fig. 547.

au corps de la bielle; aussi l'emploie-t-on quand celle-ci est déjà un peu courte par suite d'un trop grand rapprochement des roues. Une *clavette c* et une *contre-clavette c'* permettent de donner du serrage aux coussinets.

Enfin la figure 548 représente une petite tête de bielle dans laquelle les clavettes sont remplacées par un coin qu'on rappelle au moyen d'une vis qui le traverse dans toute sa longueur.

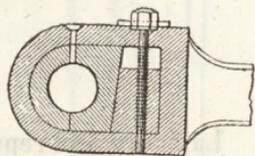


Fig. 548.

La grosse tête de la bielle présente les mêmes dispositions que la petite tête. Quand les cylindres sont extérieurs, la disposition représentée dans la figure 549 est celle qui convient le mieux. La tête est venue tout entière de forge avec la bielle; elle est munie de deux coussinets en bronze qu'on serre au moyen d'une clavette ou d'un coin rappelé par une vis.

Pour les machines à cylindres intérieurs on ne peut faire usage de la bielle à tête fermée, parce que le manneton se trouve logé

entre les deux coudes de l'essieu. Alors on fait usage tantôt de la bielle à tête ouverte, tantôt de la bielle de Sharp (fig. 550), dans

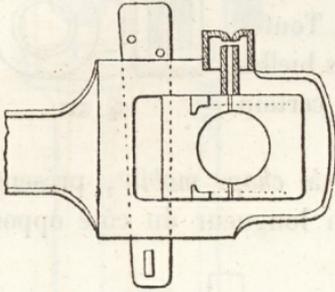


Fig. 549.

laquelle la chape *cc* est rapportée et rendue solidaire du corps de la bielle au moyen de deux petites cales *gg* en queue d'aronde et d'un boulon *bb* qui serre le tout. Cette disposition est bonne, car il est important que la chape ne puisse pas se détacher quand les clavettes viennent à se desserrer. Enfin, quelquefois la chape est remplacée par un étrier en fer rond (fig. 551); le serrage se donne au moyen de doubles écrous.

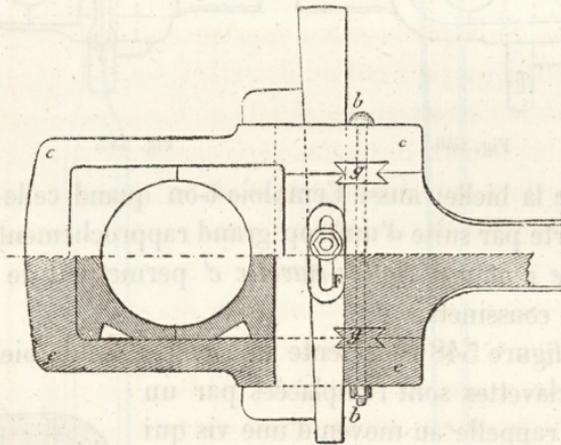


Fig. 550.

La figure 552 représente la forme la plus usitée des bielles d'accouplement, qui sont toujours extérieures. Quand les six roues sont couplées ensemble, on réunit les deux bielles au moyen d'un goujon qui traverse la fourchette *f* de l'une et la tête simple de l'autre sans l'intermédiaire de coussinets. Cette disposition est très-convenable, car il n'existe en ce point qu'un très-faible mouvement, dû aux oscillations verticales des boîtes à graisse dans les plaques de garde.

Les deux tourillons que relie une bielle doivent conserver con-

stamment une distance invariable; c'est pourquoi l'on doit toujours disposer les têtes de bielles de manière que le serrage de l'une

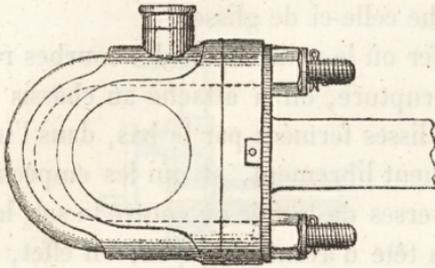


Fig. 531.

tende à augmenter la distance des deux centres, tandis que celui de l'autre tend à la diminuer.

Enfin, il est de la plus haute importance que les clavettes ne puissent se desserrer. A cet effet, on les arrête au moyen de goupilles qu'on chasse dans des trous percés en quinconce, ou bien on fait dans la tranche de la contre-clavette des encoches demi-cylindriques, écartées de  $0^m,01$ , dans la clavette des entailles analogues espacées de  $0^m,011$ , ce qui forme une espèce de *vernier*. Quand on donne du serrage à la clavette, on peut toujours amener deux encoches exactement en face l'une de l'autre et y passer une goupille.

D'autres fois on munit la tête de bielle de *vis de pression* qui viennent s'appuyer sur la clavette. Dans ce cas, il devient nécessaire d'empêcher également tout mouvement dans les vis, ce que l'on fait en emprisonnant leurs têtes dans un frein, maintenu lui-même par deux goupilles.

Enfin l'on emploie très-fréquemment un frein qui consiste en

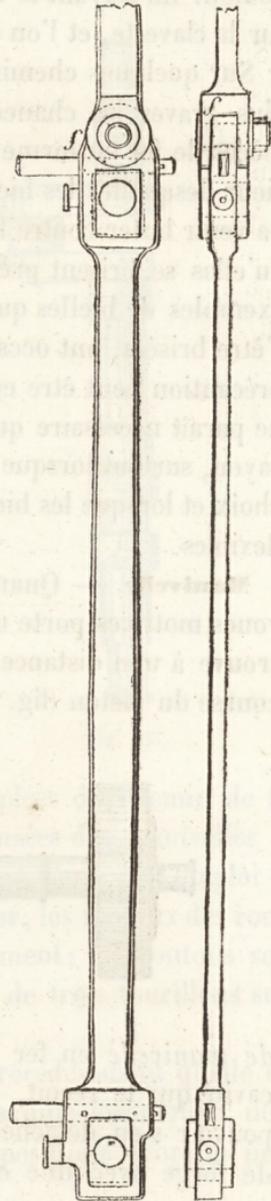


Fig. 532.

une petite platine percée d'une fente à travers laquelle passe un boulon. En serrant le boulon, on fait appuyer fortement la platine sur la clavette, et l'on empêche celle-ci de glisser<sup>4</sup>.

Sur quelques chemins de fer où le petit rayon des courbes rend plus graves les chances de rupture, on a attaché au châssis des pièces de fer en forme de coulisses fermées par le bas, dans l'intérieur desquelles les bielles jouent librement, et qui les empêchent de venir buter contre les traverses de la voie ou contre le sol, lorsqu'elles se brisent près de la tête d'avant; on a eu, en effet, des exemples de bielles qui, en butant contre un obstacle rigide après s'être brisées, ont occasionné de très-graves accidents. — La même précaution peut être employée pour les bielles motrices; mais elle ne paraît nécessaire que pour les chemins de fer à courbes de petit rayon, surtout lorsque la nature du fer employé n'est pas de premier choix et lorsque les bielles, n'ayant qu'une faible longueur, sont peu flexibles.

**Manivelle.** — Quand les cylindres sont extérieurs, le moyeu des roues motrices porte un renflement percé d'un trou dont l'axe se trouve à une distance de l'axe de l'essieu moteur égale à la demi-course du piston (fig. 555). Dans ce trou vient se loger le *bouton*

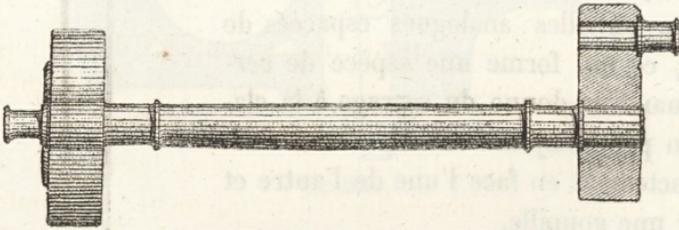


Fig. 555.

*de manivelle* en fer trempé. Ce bouton entre très-juste dans la cavité qui le reçoit, et il est rivé sur le moyeu de manière à ne pouvoir s'en détacher. Dans les machines Crampton, il est venu de forge avec une *contre-manivelle* qui reçoit les excentriques

<sup>4</sup> Les mêmes dispositions servent également dans toutes les pièces du mécanisme qui ne doivent pouvoir se desserrer. Pour les écrous on emploie des contre-écrous, des goupilles ou un frein. Quelquefois aussi on fait appuyer un simple ressort sur l'un des pans de l'écrou.

(fig. 554). Quand les cylindres sont intérieurs, les manivelles ne sont autre chose que deux coudes de cet essieu (fig. 555).

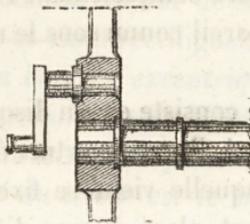


Fig. 554.

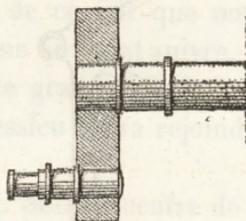


Fig. 556.

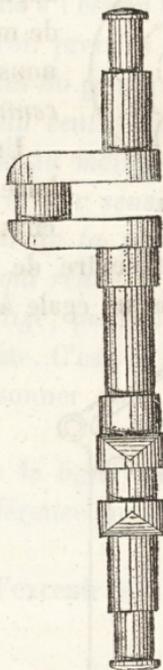


Fig. 555.

Dans les machines à quatre roues couplées du chemin de fer d'Orléans on a rapporté à l'extérieur des fusées des manivelles en fer forgé. Cette disposition était nécessaire à cause de l'emploi du châssis extérieur. Quand le bâti est intérieur, les moyeux des roues servent toujours de manivelles d'accouplement; les boutons sont alors formés quelquefois de deux et même de trois tourillons successifs (fig. 556).

**Distribution.** — Nous avons indiqué précédemment quelle devait être la marche des tiroirs dans une machine locomotive; nous allons voir maintenant quelles sont les dispositions adoptées pour obtenir ce mouvement.

L'amplitude et la nature du mouvement produit par une bielle et une manivelle dépendent uniquement de la longueur de la bielle et de la distance qui sépare l'axe de l'essieu qui porte la manivelle

de celui de son bouton. On ne changera donc rien à ce mouvement, quelque diamètre que l'on donne au bouton de manivelle. Concevons que ce diamètre aille continuellement en augmentant (fig. 557) jusqu'à ce que le bouton de manivelle entoure complètement l'essieu, et nous aurons l'appareil connu sous le nom d'*excentrique*.

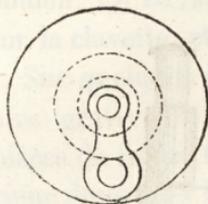


Fig. 557.

Un excentrique consiste en un disque circulaire en métal percé d'une ouverture également circulaire dans laquelle vient se fixer l'essieu moteur. Le centre de l'ouverture est placé à une distance de celui du disque égale à la moitié de la course rectiligne qu'on

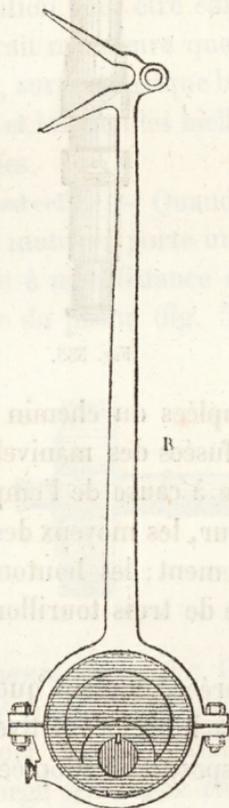


Fig. 558.

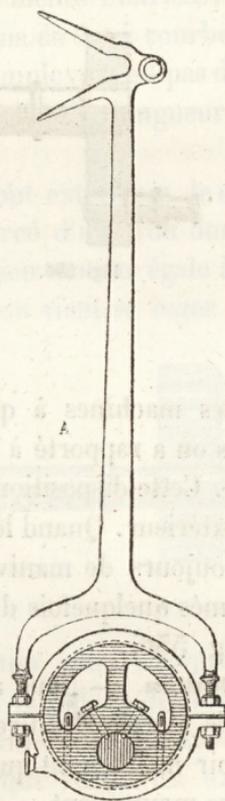


Fig. 559.

veut obtenir. Cette longueur s'appelle *excentricité*. Ce disque est

entouré d'un *anneau* (fig. 558 et 559) qui représente la tête d'une longue bielle B; ce sont le *collier* et la *barre d'excentrique*. Si maintenant nous supposons cette barre articulée par son extrémité sur la tige du tiroir, si, de plus, nous imprimons à l'essieu un mouvement de rotation autour de son axe, le tiroir prendra un mouvement de va-et-vient rectiligne analogue à celui du piston. Si la longueur de la barre d'excentrique, mesurée du centre du disque à l'axe de l'articulation de la tige du tiroir, est au moins égale à dix fois l'excentricité, on peut admettre sans erreur sensible que le mouvement du tiroir est le même que celui de la projection du centre de l'excentrique sur la ligne droite qui réunit le centre de l'excentrique à celui de l'articulation de la tige, pourvu que cette tige soit dans le prolongement de cette droite. C'est en admettant l'exactitude de ce fait que nous allons raisonner dans toutes les considérations qui vont suivre.

On appelle grand *rayon de l'excentrique* la ligne qui part du centre de l'essieu et va rejoindre la circonférence en passant par son centre.

Soit  $c$  (fig. 560) le centre de l'essieu,  $cb$  l'excentricité qui, pro-

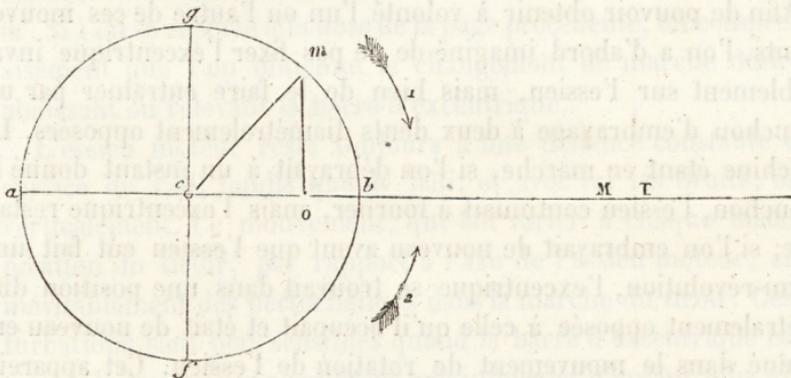


Fig. 560.

longée, viendrait se confondre avec l'axe de la tige du tiroir situé à l'avant du côté de T. Quand le grand rayon occupera la position  $b$ , le tiroir sera à l'extrémité antérieure de sa course; quand il sera en  $ca$ , il sera à l'autre extrémité de cette course; enfin il occupera sa position moyenne quand le grand rayon sera en  $cf$  ou  $cg$  per-

pendiculaires à  $ab$ . Toutes les positions intermédiaires  $o$  du tiroir s'obtiendront aisément en abaissant de l'extrémité du rayon correspondant  $cm$  une perpendiculaire sur  $ab$ .

La machine avancera quand l'essieu tournera dans le sens de la flèche 1; elle reculera quand le mouvement de cet essieu se fera comme l'indique la flèche 2. Supposons maintenant le piston arrivé à bout de course du côté de l'avant de la machine, la manivelle sera à son point mort en  $c$  M; mais le tiroir occupera sa position moyenne, le grand rayon sera donc sur  $fg$ . Il devra commencer par reculer comme le fait le piston; donc, si l'on marche en avant (flèche 1), le grand rayon sera en  $cf$ ; si l'on marche en arrière, il sera en  $cg$ . On en conclut que *le grand rayon de l'excentrique doit toujours précéder de  $90^\circ$  la manivelle, quel que soit le sens de la marche*<sup>4</sup>. En raisonnant de la même manière pour toutes les positions de la manivelle, on voit que pour chacune d'entre elles le centre de l'excentrique doit se trouver à l'une ou l'autre des extrémités du diamètre perpendiculaire à sa direction, suivant que le mécanisme est disposé pour la marche en avant ou la marche en arrière.

Afin de pouvoir obtenir à volonté l'un ou l'autre de ces mouvements, l'on a d'abord imaginé de ne pas fixer l'excentrique invariablement sur l'essieu, mais bien de le faire entraîner par un manchon d'embrayage à deux dents diamétralement opposées. La machine étant en marche, si l'on débrayait à un instant donné le manchon, l'essieu continuait à tourner, mais l'excentrique restait fixe; si l'on embrayait de nouveau avant que l'essieu eût fait une demi-révolution, l'excentrique se trouvait dans une position diamétralement opposée à celle qu'il occupait et était de nouveau entraîné dans le mouvement de rotation de l'essieu. Cet appareil, quoique fort simple, fonctionnait mal, parce qu'il arrivait fré-

<sup>4</sup> Cette règle n'est pas générale; elle ne s'applique qu'au cas où la transmission du mouvement se fait directement à la tige du tiroir. Si au contraire (fig. 561) la barre d'excentrique TT s'articulait en  $a$  sur un levier dont  $o$  serait le point fixe, tandis que la tige du tiroir serait conduite par la branche  $ob$  de ce levier, ce serait au contraire la manivelle qui précéderait le grand rayon de l'excentrique.

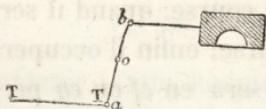


Fig 561.

quemment que l'essieu faisait plusieurs tours avant de rembrayer; aussi est-il complètement abandonné. On a été conduit dès lors à remplacer l'articulation ordinaire sur la tige du tiroir par un embrayage au moyen de fourches terminant les barres d'excentriques.

La figure 562 représente un mécanisme de ce genre fort simple. La tige du tiroir *tt* est mise en mouvement par la manivelle

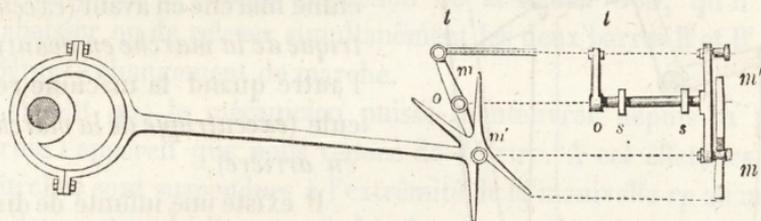


Fig. 562.

*to*, fixée sur l'arbre *oo*, qui est porté par deux petits supports ou paliers *ss*, fixés sur le bâti de la machine. L'autre extrémité de l'arbre est munie d'une double manivelle *mm'*, portant les deux boutons *m* et *m'*. La barre d'excentrique est terminée par une double fourchette qui embrasse l'un ou l'autre des deux boutons *m* ou *m'*. Si l'on se reporte à la *note* de la page précédente, on comprendra aisément que l'on obtienne le changement de marche désiré en abaissant ou relevant la barre d'excentrique.

L'essieu moteur reste toujours à une distance constante de la surface du rail, tandis que le bâti, et avec lui les tiroirs, oscille verticalement. Ce mouvement, qui fait varier à chaque instant la position du tiroir, par rapport à l'axe de l'essieu moteur, amène inévitablement des perturbations dans la marche du tiroir. Ces perturbations sont peu sensibles quand la barre d'excentrique est horizontale; mais elles acquièrent une influence d'autant plus grande que cette barre s'écarte davantage de la position horizontale. Dans l'appareil qui nous occupe on est obligé de prendre cette horizontale pour position moyenne de la barre d'excentrique entre les deux mannetons, afin que l'influence des oscillations verticales de la machine ne se fasse pas plus sentir sur la marche en avant que sur la marche en arrière; il en résulte que ni l'une ni l'autre ne se trouvent dans des conditions satisfaisantes. De plus, ce mécanisme

ne se prête que très-imparfaitement aux modifications de la distribution qu'on a reconnues nécessaires; aussi est-il complètement abandonné.

Aujourd'hui on emploie pour chaque tiroir deux excentriques qui commandent la distribution, l'un quand la machine marche en avant (*excentrique de la marche en avant*), l'autre quand la machine recule (*excentrique de la marche en arrière*).

Il existe une infinité de dispositions à deux excentriques; nous allons décrire les deux plus simples parmi ces mécanismes.

Dans la figure 563 TT' représentent la tige du tiroir. Elle est articulée sur la manivelle AT, qui elle-même est fixée sur le petit arbre A, dont les supports font partie du bâti de la machine. La manivelle Am, montée à l'extrémité de ce même arbre A, porte un double manneton mm' qui fait saillie des deux côtés de la manivelle.

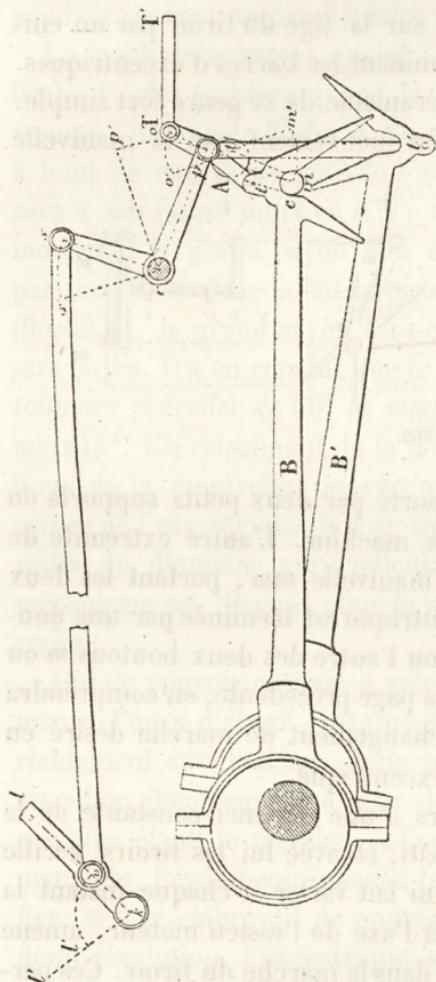


Fig. 565.

Les barres B et B' des deux excentriques sont terminées par deux fourches ou *pieds de biche* disposés de manière à pouvoir embrasser, l'une le manneton m, l'autre le manneton m', qui fait saillie de l'autre côté de la manivelle.

Quand l'une des fourches est *embrayée* ou *enclenchée*, c'est-à-dire quand le fond de l'entaille semi-circulaire qui existe à la rencontre des deux bras de la fourche repose sur le manneton, l'autre

fourche est parfaitement libre; elle exécute le mouvement que lui imprime l'excentrique qui la commande sans venir rencontrer le manneton auquel elle correspond.

Les excentriques étant *calés*, c'est-à-dire fixés sur l'essieu moteur, de manière à faire prendre au tiroir le mouvement convenable, l'un pour la marche en avant, l'autre pour la marche en arrière, on voit, par la simple inspection de la figure 563, qu'il suffit d'abaisser ou de relever simultanément les deux barres B et B' pour opérer le changement de marche.

Il faut que le mécanicien puisse manœuvrer depuis sa plateforme l'appareil que nous venons de décrire. A cet effet, les deux fourches sont suspendues à l'extrémité de la manivelle  $rp$  au moyen de deux petites bielles  $pt$ ,  $pt'$ . L'arbre  $r$ , appelé *arbre de relevage*, porte, outre la manivelle  $rp$ , une seconde manivelle  $rs$ ; il est monté sur deux supports fixés sur le bâti de la machine. Une grande *tringle* ou *bielle de changement de marche*  $sv$  est articulée d'une part en  $s$  sur la manivelle  $rs$ , d'autre part en  $v$  sur le levier  $lk$ , dit *levier de changement de marche*. Ce levier, dont l'axe de rotation  $k$  est fixé sur le bâti de la machine ou sur la chaudière, est à la portée du mécanicien, qui peut lui faire prendre à volonté la position  $lk$  ou  $l'k$ . Dans la figure 563, toutes les pièces tracées en lignes pleines sont disposées de manière que la distribution se fasse pour la marche en avant; les sommets des articulations sont marqués de lettres sans indice. Le tracé en lignes ponctuées représente la disposition que prendrait le mécanisme si l'on changeait la marche, chaque lettre portant le signe ' indique la nouvelle position que cette manœuvre ferait prendre à l'articulation désignée par la même lettre sans indice.

Il y a dans chaque machine deux tiroirs TT', par conséquent deux arbres A, quatre excentriques, et quatre petites bielles pendantes; mais il n'y a qu'un levier de changement de marche  $lk$ , une bielle  $vs$ , et un arbre de relevage  $r$ . Seulement ce dernier porte deux manivelles  $rp$  parfaitement semblables qui correspondent l'une au cylindre de droite, l'autre à celui de gauche.

Le mécanisme que nous venons de décrire est un des plus simples qui aient été employés dans les anciennes machines; mais il ne

peut être employé que quand les deux excentriques d'un même tiroir sont juxtaposés ou du moins très-rapprochés.

Il existe un grand nombre d'autres dispositions à deux fourches;

mais, comme elles sont aujourd'hui complètement abandonnées, nous renverrons à l'intéressante notice de M. Félix Mathias sur la machine la *Rapide* de Sharp-Roberts.

On trouvera également dans cet ouvrage la description d'une distribution de Hawthorn, dans laquelle ce constructeur avait supprimé complètement les excentriques et emprunté aux bielles le mouvement du tiroir.

Depuis plusieurs années on emploie presque exclusivement le mécanisme connu sous le nom de *coulisse de changement de marche de Stephenson*, et que la figure 564 représente dans l'une de ses

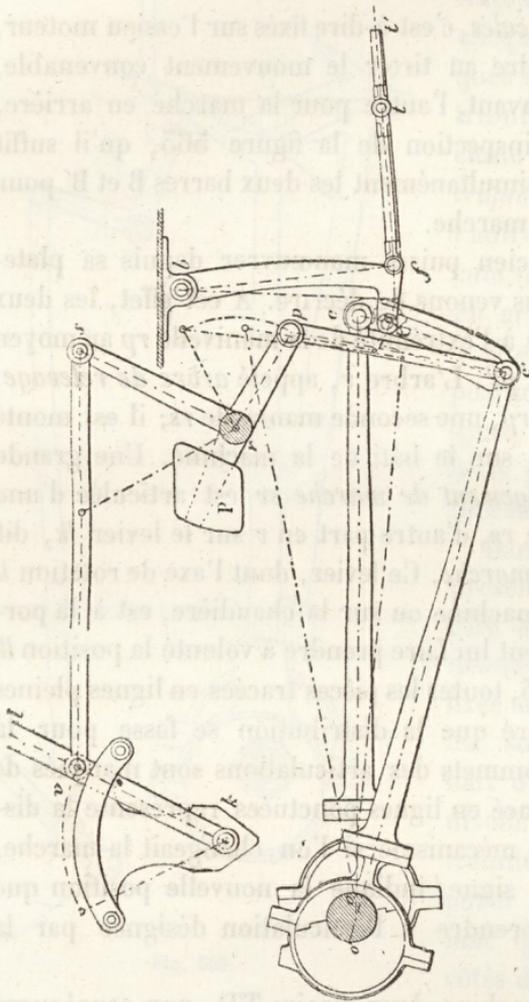


Fig. 564.

formes les plus simples et les plus récentes.

Les extrémités des deux barres d'excentrique viennent s'articuler en *c* et *c'* sur une *coulisse* en fer évidée. L'entaille de cette coulisse présente deux parois parallèles en arc de cercle entre lesquelles peut glisser un coulisseau *c* en acier trempé. Une fourche *f*, venue de forge au bout du levier *bft*, est réunie au coulisseau au moyen

d'un goujon  $g$ ; le levier suspendu en  $b$  à un point fixe pris sous la chaudière suit le coulisseau dans le mouvement que lui imprime la coulisse, et entraîne à son tour la tige  $tt$  du tiroir par l'intermédiaire de la petite bielle  $ft$  articulée en  $t$  et en  $f$ .

Le levier de changement de marche  $lk$ , agissant par l'intermédiaire de la tringle  $vs$  et de la manivelle  $rs$  sur l'arbre de relevage  $r$ , permet de faire prendre à cet arbre une infinité de positions dont les deux extrêmes sont indiquées, l'une par le tracé en lignes pleines, l'autre par les ponctués de la figure. A chacune de ces positions du levier correspondra une position de la coulisse par rapport au coulisseau; à cet effet, l'arbre  $r$  porte deux manivelles projetées en  $rp$ , qui commandent chacune la coulisse d'un des cylindres par l'intermédiaire de quatre petites bielles de relevage  $pc'$ . Un contre-poids  $P$ , fixé au bout du levier  $Pr$  monté sur l'arbre  $r$ , sert à équilibrer les coulisses et les barres d'excentrique, et facilite ainsi la manœuvre de cet appareil, laquelle serait sans cela très-pénible.

La position qu'occupe à chaque instant le point  $c$  s'obtient aisément de la manière suivante : du centre  $o'$  de l'excentrique comme centre, et avec la longueur  $o'c'$  de la barre comme rayon, on décrit un arc de cercle. Un autre arc décrit de  $p$  comme centre avec le rayon  $pc'$  coupera le premier au point  $c'$  cherché. Connaissant  $c'$ , on obtiendra  $c$  à l'intersection de deux autres arcs tracés, l'un de  $c'$  comme centre avec le rayon  $cc'$ , l'autre de  $o$  avec le rayon  $oc$ . Les points  $c$  et  $c'$  suffisent pour déterminer complètement la coulisse. On en déduira aisément la position du tiroir par des constructions analogues.

Quand le point  $c$  marche d'avant en arrière, le point  $c'$  marche d'arrière en avant; ces deux mouvements ont la même amplitude. Il en résulte que le point milieu  $c''$  (fig. 565) de la coulisse reste en repos. Chacun des points intermédiaires entre les points  $c'$  et  $c''$  a un mouvement semblable à celui de  $c'$ , mais d'une amplitude d'autant plus faible qu'il est plus rapproché de  $c''$ . Nous verrons plus loin quel parti l'on tire de cette propriété de la coulisse; pour le moment, il nous suffira de constater que quand la coulisse est disposée comme l'indique la figure 564, c'est l'excentrique  $o$  seul qui

commande le tiroir, et que, si l'on manœuvre le levier de changement de marche de manière à amener toutes les pièces du mécanisme dans les positions indiquées en traits ponctués, le tiroir sera mis en mouvement par l'excentrique  $o'$ .

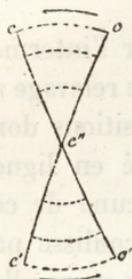


Fig. 565.

**De l'avance.** — Nous avons admis jusqu'ici que le tiroir se trouvait au milieu de sa course quand le piston était à l'une des extrémités de la sienne. Cette disposition paraît, au premier abord, être la seule rationnelle; cependant on y a renoncé par les raisons que nous allons développer.

Le tiroir venant recouvrir exactement les deux lumières à l'instant où le piston atteint l'extrémité de sa course, il en résulte que, quand le piston commence à marcher en sens inverse de son premier mouvement, les orifices des lumières se découvrent d'une quantité d'abord très-faible. La vapeur qui doit venir presser sur le piston éprouve une résistance considérable à son passage dans cette ouverture de peu de largeur, et, ce qui est plus grave, celle qui doit s'échapper produit une *contre-pression* considérable contre le piston qui la refoule devant lui.

La figure 566 donne une idée assez nette de ce qui se passe dans ce cas. Soient  $aa''$  la course du piston,  $ac, a'c'$  les pressions que reçoit ce piston quand il occupe les positions  $a, a'$ , etc., la figure  $aca''c''c'$  représente le travail que le piston reçoit de la vapeur motrice. Si nous reportons à gauche de la figure les *contre-pressions* qui correspondent à chacune des positions du piston, nous aurons une courbe dont la première ordonnée  $bd$  sera égale à  $a''c''$ , et dont les suivantes iront rapidement en décroissant. Cette seconde aire représente le travail négatif de la contre-pression que la vapeur exerce sur le piston en s'échappant. La différence entre les deux aires est alors le travail transmis réellement au mécanisme moteur.

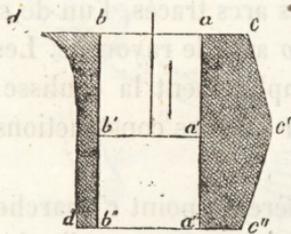


Fig. 566.

Ce qui frappe surtout dans cette figure, c'est la grande valeur de l'ordonnée  $bd$  et de ses voisines, qui représentent la contre-

pression dans les premiers instants de la course du piston ; on remarque aussi que l'ordonnée  $ac$ , qui représente la pression initiale de la vapeur dans le cylindre, va en augmentant jusqu'en un certain point  $c'$ , puis diminue depuis ce point jusqu'au bout de la course. Cette diminution est sans inconvénient ; quant à l'augmentation de  $ac$  en  $a'c'$ , elle se traduit en une dépense inutile de vapeur. En effet, quand le piston est arrivé en  $a'$ , le cylindre contient un volume  $a'b'ab$  de vapeur à la pression  $a'c'$ , tandis que le travail qui a été produit est dû au même volume  $a'b'ab$  à une pression moyenne entre  $ac$  et  $a'c'$  et moindre que  $a'c'$ .

Si, au moment où le piston arrive à bout de course, les orifices des lumières se trouvaient brusquement découverts d'une quantité suffisante pour ne pas gêner sensiblement le mouvement de la vapeur, les phénomènes dont nous venons de parler n'auraient pas lieu ; mais il ne peut en être ainsi, parce que les excentriques circulaires ne peuvent agir par saccades.

Si l'on cale les excentriques AVEC AVANCE, c'est-à-dire dans une position telle, que le tiroir ait dépassé le milieu de sa course quand le piston arrive au bout de la sienne, les lumières seront découvertes avant que le piston commence à rétrograder, et l'action de la vapeur aura lieu comme l'indique la figure 567.

Au moment où le piston se met à marcher dans le sens indiqué par la flèche, la vapeur qui a pu s'introduire dans le cylindre par un orifice d'une certaine largeur  $a$  atteint une pression sensiblement égale à celle de la chaudière ; elle agit sur le piston et le pousse jusqu'en  $a'$ , où le tiroir recouvre simultanément les deux lumières. Aussitôt ce point dépassé, la vapeur commence à s'échapper, mais elle continue à presser sur le piston en produisant sur lui un travail de détente incomplète jusqu'en  $a''c''$ , où elle atteint une faible pression qui sera la contre-pression quand le piston rétrogradera. Cette contre-pression  $bd$ , égale à  $a''c''$ , reste sensiblement constante jusqu'au point  $b'$  homologue de  $a'$ , où la lumière se ferme du côté de l'échappement pour s'ouvrir

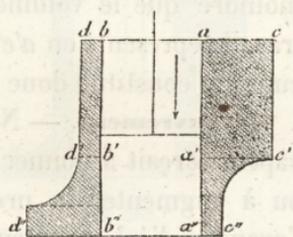


Fig. 567.

simultanément les deux lumières. Aussitôt ce point dépassé, la vapeur commence à s'échapper, mais elle continue à presser sur le piston en produisant sur lui un travail de détente incomplète jusqu'en  $a''c''$ , où elle atteint une faible pression qui sera la contre-pression quand le piston rétrogradera. Cette contre-pression  $bd$ , égale à  $a''c''$ , reste sensiblement constante jusqu'au point  $b'$  homologue de  $a'$ , où la lumière se ferme du côté de l'échappement pour s'ouvrir

du côté de l'admission. La vapeur viendra donc presser de  $b'$  en  $b''$  sur le piston en sens inverse du mouvement, effet qui est représenté par le quadrilatère négatif  $b'd''$ .

Ces deux nouveaux modes d'action de la vapeur s'appellent *échappement anticipé* et *admission anticipée* ou *marche à contre-vapeur*. La quantité dont les lumières se trouvent découvertes quand le piston est à bout de course a reçu le nom d'*avance linéaire à l'introduction* et à *l'échappement*; enfin l'angle dont il a fallu déplacer les grands rayons des excentriques par rapport à leur calage normal est l'*avance angulaire*.

L'avance linéaire est égale au sinus de l'avance angulaire. La marche à contre-vapeur produit un travail négatif qui diminue l'effort de traction que peut exercer la machine; mais elle ne constitue pas une perte réelle, car la vapeur qui est introduite sous le piston est refoulée dans la chaudière par le piston et n'est par conséquent pas perdue. On restitue facilement à la machine la puissance qu'elle a perdue en augmentant soit la pression de la vapeur dans la chaudière, soit les dimensions des cylindres, et l'on a en tous cas supprimé l'énorme contre-pression qui agissait sur le piston avant l'adoption de l'avance. La quantité de vapeur dépensée est représentée par le quadrilatère  $ac'$ ; elle est par conséquent moindre que le volume total engendré par le piston. De plus, le travail représenté en  $a'c''$  a été obtenu sans dépense de vapeur aucune; il constitue donc un profit net.

**Recouvrement.** — Nous venons de voir que la marche à contre-vapeur forçait à donner aux cylindres de plus grandes dimensions ou à augmenter la pression de la vapeur. Tout en conservant l'avance à l'échappement, il est possible de supprimer celle à l'admission, ou de la diminuer, et voici comment :

Soit  $e'f'$  (fig. 568) l'avance à l'échappement d'un tiroir *normal*, c'est-à-dire d'un tiroir dont la longueur extérieure  $ss'$  soit égale à l'écartement  $gg'$  des parois extérieures des lumières d'introduction  $L$  et  $L$ , l'avance à l'introduction  $is$  de ce tiroir sera égale à  $e'f'$ .

Mais, si nous prolongeons le tiroir de chaque côté d'une quantité  $is$  et  $i's'$  égale à  $gs$  ou un peu moindre, la lumière d'échappement sera découverte de toute cette quantité avant que celle d'ad-



$a''$ , le tiroir a continué à marcher dans le sens de la flèche, et le point  $f$  est venu en  $e$ ; c'est à ce moment que commence l'échappement anticipé dont le travail sur le piston est représenté par le quadrilatère  $a''c'''$ . Le poids de la vapeur qui a été représentée est égal au volume engendré par le piston de  $a$  en  $a'$  multiplié par la densité de cette vapeur à la pression  $a'e'$ . Sans l'emploi de l'avance et du recouvrement, cette vapeur n'aurait produit qu'un travail  $ac'$ ; avec ces modifications de la distribution, ce travail est représenté par le polygone  $ac'''$ ; on a donc tiré de cette vapeur un effet utile bien plus considérable que si l'on avait employé le calage et le tiroir normaux.

Voyons maintenant quel est l'effet produit par ces dispositions sur le travail négatif de la vapeur.

L'échappement ayant commencé avant que le piston soit arrivé à bout de course, la contre-pression  $bd$  sera faible; elle se maintiendra à peu près constante jusqu'au moment où le point  $f$  sera venu en  $e$  (fig. 568). En ce même instant  $f'$  se trouvera en  $e'$ , et l'échappement sera intercepté. Le piston sera obligé de refouler la vapeur devant lui, de la comprimer, ce qui créera un travail analogue à la détente, mais inverse. La *compression* cessera quand le rebord  $s'$  coïncidera avec le rebord  $g'$ , et, à partir de cet instant, il y aura marche à contre-vapeur.

Le rectangle  $bd'$  représente le travail de l'échappement,  $b'd''$  celui de la compression, et  $b''d'''$  celui à contre-vapeur. Nous avons déjà vu que le travail à contre-vapeur n'était pas très-nuisible; celui de la compression peut devenir utile s'il n'est pas trop prolongé.

Nous avons indiqué ce que c'était que le jeu du piston. Cet espace, ainsi que les lumières d'admission, se remplit de vapeur à chaque coup de piston, et cette vapeur n'agit sur le piston que par détente : on l'appelle donc avec raison *espace nuisible*.

*La compression, conséquence du recouvrement, crée un travail résistant qui diminue la puissance de la machine; mais en compensation elle remplit l'espace nuisible avec de la vapeur dont la tension atteint ou à peu près celle de la chaudière. Elle évite donc une dépense inutile de vapeur. Trop prolongée, elle devient nuisible en créant un excès de travail résistant sans compensation.*

Plus le recouvrement est grand et plus la période de détente acquerra d'importance. L'avance linéaire à l'échappement devant être au moins égale au recouvrement, il en résulte que, si l'on veut commencer à détendre en un point de la course du piston très-rapproché de sa position initiale, on aura nécessairement beaucoup d'avance à l'échappement, ou, ce qui revient au même, la vapeur commencera à s'échapper longtemps avant que le piston soit arrivé à bout de course.

La perte de travail qui résulterait de cet échappement anticipé peut être évitée si l'on donne au tiroir du *recouvrement intérieur* (*ef, ef'*, fig. 570). En analysant, comme nous venons de le faire

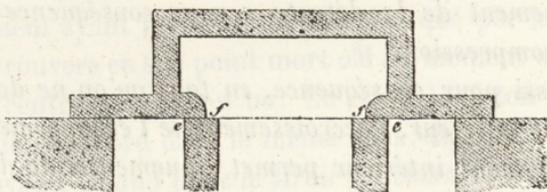


Fig. 570.

pour le recouvrement extérieur, ce qui se passe quand on adopte cette dernière disposition, on verra que la durée de la compression se trouvera augmentée d'une quantité notable; c'est pour cela qu'on évite de donner aux tiroirs un recouvrement intérieur considérable. En général, ce recouvrement n'est que juste suffisant pour que les lumières ne puissent jamais se trouver découvertes simultanément sous le tiroir. Ce n'est guère que pour des avances angulaires de plus de  $30^\circ$  qu'il dépasse  $0^m,001$ .

En résumé :

*Le recouvrement proprement dit ou recouvrement extérieur présente cet avantage que, combiné avec l'avance, il permet de régler l'avance à l'échappement, indépendamment de l'avance à l'introduction, ce qui ne pourrait avoir lieu si on donnait de l'avance au tiroir sans lui donner du recouvrement, car, dans ce cas, l'avance à l'introduction égale forcément l'avance à l'échappement.*

*L'avance linéaire du tiroir doit être au moins égale au recouvrement extérieur pour qu'il n'y ait pas retard; si elle est plus grande,*

*on a une avance à contre-vapeur ou à l'introduction égale à la différence.*

*Cette avance à contre-vapeur ou à l'introduction est nécessaire pour éviter le retard qui pourrait naître du jeu ou de l'usure des pièces, et elle est encore utile en ce qu'elle augmente la pression de la vapeur sur le piston au moment où il commence une nouvelle course. Elle est toujours très-faible en comparaison de l'avance à l'échappement.*

*Le recouvrement extérieur a encore ce grand avantage d'utiliser une partie du travail de la détente de la vapeur. La détente commence d'autant plus vite et dure par conséquent d'autant plus de temps que le recouvrement est plus long.*

*L'accroissement de la détente a pour conséquence l'accroissement de la compression.*

*Elle a aussi pour conséquence, en tant qu'on ne donne pas du recouvrement intérieur, l'accroissement de l'échappement anticipé.*

*Le recouvrement intérieur permet d'augmenter la détente sans rien changer à l'échappement.*

Plus loin, nous donnerons des résultats d'expérience qui fourniront une mesure exacte des avantages de l'avance et du recouvrement, soit extérieur, soit intérieur.

**Relations entre l'avance angulaire et le recouvrement.** — Il est important de déterminer les relations qui existent entre l'avance angulaire et le recouvrement extérieur et intérieur.

A cet effet, du point  $o$  situé sur le prolongement de la tige du tiroir (TT) comme centre, et avec un rayon égal à la demi-course de ce tiroir, décrivons un cercle. Cette circonférence représentera le chemin parcouru par le centre d'un excentrique qui commanderait directement le tiroir. Celui-ci occupera sa position moyenne quand le centre de l'excentrique sera en  $c$  ou  $c'$  sur la perpendiculaire menée en  $o$  sur TT. L'avance linéaire de ce tiroir étant  $oA$ , le grand rayon de l'excentrique devra être en  $oa$  ou en  $oa'$  quand le piston sera à l'extrémité de sa course, puisque à cet instant le tiroir devra avoir dépassé le milieu de la sienne de la quantité  $oA$ . (Voir page 480 la définition de l'avance linéaire, et pages 472 et 473 la relation qui existe entre le mouvement de l'excentrique et celui du

tiroir.) L'avance angulaire sera l'angle  $c'oa$  ou  $coa'$  de la figure 571. L'avance à l'échappement sera elle-même égale à  $oA$  diminué du recouvrement intérieur  $or$  (se, fig. 570).

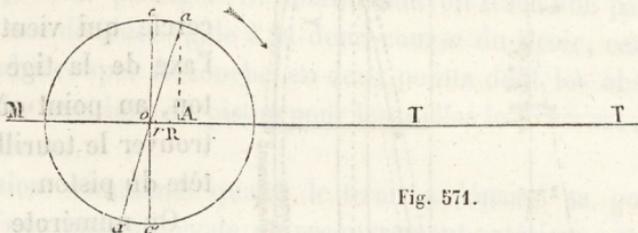


Fig. 571.

On obtiendra l'avance linéaire à l'introduction  $RA$  en retranchant de l'avance totale  $oA$  le recouvrement extérieur  $oR$  (ou  $si$ , fig. 568).

Le mouvement ayant lieu dans le sens indiqué par la flèche, la manivelle se trouvera en son point mort  $oM$  au moment où le grand rayon de l'excentrique sera en  $oa$ . En effet, le piston et le tiroir doivent marcher d'abord dans le même sens; ils iront tous deux d'arrière en avant. *Quand donc le tiroir est commandé directement par l'excentrique, le grand rayon doit toujours précéder la manivelle de l'angle de calage normal augmenté de l'angle d'avance.*

Si le tiroir, au lieu d'être mis directement en mouvement par l'excentrique, l'était par l'intermédiaire d'un arbre de distribution, il reculerait quand la barre d'excentrique avancerait, et *vice versa*.

Pour le calage normal, on aurait par conséquent le grand rayon  $oa'$  quand la manivelle serait en  $oM$ , et l'angle d'avance serait  $a'$ , puisque au départ du piston le piston doit avoir dépassé sa position milieu. Ainsi, *quand le tiroir est commandé par l'intermédiaire d'un arbre de distribution, le grand rayon doit suivre la manivelle à une distance angulaire égale à l'angle de calage normal diminué de l'angle d'avance.*

Il est également fort intéressant de connaître, pour chaque position du piston, l'ouverture correspondante du tiroir, soit à l'introduction, soit à l'échappement.

A cet effet, l'on divise la circonférence décrite par le bouton de la manivelle en un nombre pair de parties égales (16, par exemple), en partant de l'un des points morts (fig. 572). De chacune des

divisions comme centre et avec une ouverture de compas égale à la

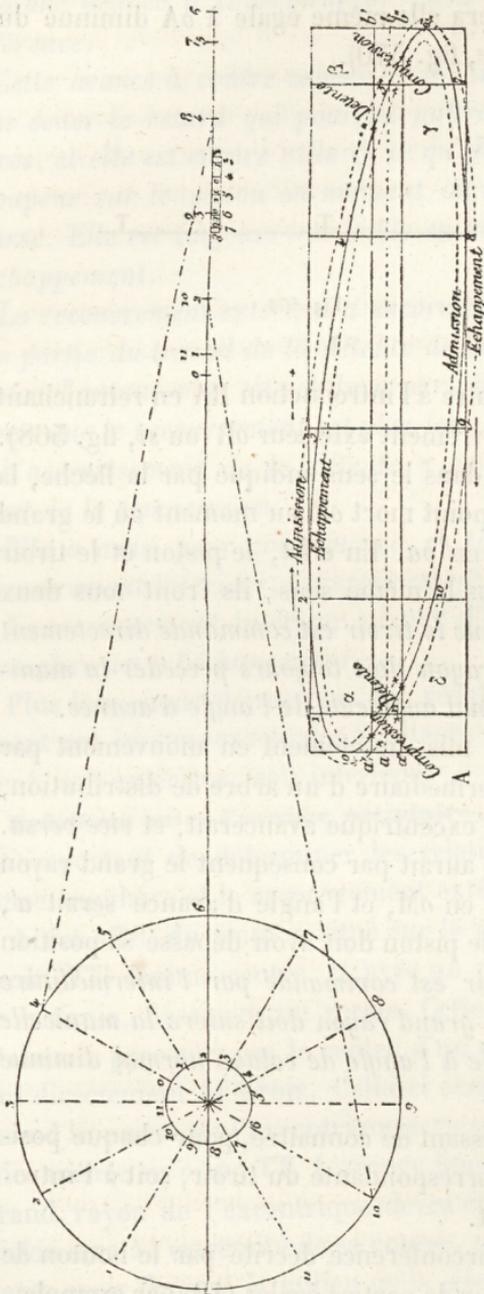


Fig. 572.

avoir parcourues à partir de sa position extrême. Par tous les

longueur de la bielle, d'axe en axe des tourillons, on décrit un arc de cercle qui vient couper l'axe de la tige du piston, au point où doit se trouver le tourillon de la tête du piston.

On numérote chacune de ces divisions, en prenant pour zéro la position de laquelle on est parti soit pour le cercle, soit pour la droite; puis l'on fait la même opération pour le tiroir en mettant le signe zéro aux points où se trouvent l'excentrique et le tiroir, au moment où la manivelle part de son point mort. En d'autres termes, on affecte du même chiffre les positions de la manivelle, du piston, du centre de l'excentrique et du tiroir qui se correspondent. Puis on porte en abscisses sur une ligne droite AB les douze positions du piston, en ordonnées pour chaque point, les distances que le tiroir se trouve

points ainsi obtenus, on trace une courbe qui est nécessairement fermée, puisque, quand la manivelle revient à une position par laquelle elle a déjà passé, le tiroir revient à la position qu'il avait occupée à ce premier passage. Si maintenant on trace une parallèle  $ab$  à  $AB$ , à une distance égale à la demi-course du tiroir, cette parallèle viendra couper la courbe en deux points dont les abscisses donneront les positions du piston pour lesquelles le tiroir est au milieu de sa course.

L'admission commence quand le tiroir a dépassé sa position moyenne d'une quantité égale au recouvrement extérieur, et cesse quand le tiroir est revenu à la position où cette admission avait commencé.

On tracera donc des deux côtés de  $ab$  des parallèles  $a'b'$  et  $a''b''$ , à des distances de  $ab$  égales au recouvrement extérieur, et l'on obtiendra ainsi deux intersections,  $\alpha$ ,  $\beta$ , dont la première,  $\alpha$ , indique la position du piston à laquelle commence l'admission; la seconde,  $\beta$ , celle où finit cette admission pour l'une des demi-courses du piston, et deux autres intersections,  $\gamma$  et  $\delta$ , pour l'autre demi-course.

S'il y a du recouvrement intérieur, deux nouvelles parallèles à  $ab$  détermineront par leurs intersections avec la courbe les positions du piston où commencent les périodes d'échappement et de compression; sinon c'est la ligne  $ab$  qui donne elle-même ces positions.

La courbe que nous venons de tracer représente le mouvement d'un point quelconque du tiroir; c'est pourquoi elle suffit à elle seule pour déterminer toutes les phases du travail de la vapeur. Nous avons indiqué, sur les lignes ponctuées qui suivent cette courbe, la durée de chacune de ces périodes: admission, détente, échappement et compression. Les indications tracées à l'extérieur correspondent à la face droite, celles de l'intérieur à la face gauche du piston.

**Détente variable.** — Le travail qu'une machine locomotive doit effectuer est éminemment variable. Le poids du convoi, le profil du chemin, l'état de l'atmosphère et la vitesse de marche sont autant d'éléments qui déterminent ce travail.

Les dimensions des cylindres ne peuvent pas être changées; si

donc l'effort de traction varie et si les conditions dans lesquelles se fait la distribution restent les mêmes, il faudra faire varier la pression de la vapeur au moyen du régulateur.

Dans les machines sans condensation, comme le sont les locomotives, il est avantageux de marcher à la pression la plus forte possible; c'est ce que l'on reconnaît aisément en remarquant que le travail positif d'une *cylindrée* de vapeur est proportionnel à la pression de cette vapeur; tandis que le travail négatif de cette même cylindrée, qui n'est autre chose que le travail de la contre-pression pendant l'échappement, est sensiblement constant, quelle que soit la pression initiale de la vapeur.

En diminuant l'ouverture du régulateur, on diminue la pression de la vapeur dans les cylindres; on utilise donc cette vapeur moins bien que si l'on marchait avec une ouverture plus grande.

On pourra obtenir la même diminution de l'effort de traction en commençant à détendre plus tôt, et en prolongeant cette détente plus loin; on atteindra ainsi le double but de diminuer l'influence nuisible de la contre-pression et d'utiliser mieux la vapeur admise.

On a essayé depuis quelques années différents appareils destinés à faire varier à volonté la détente. Tous ces appareils peuvent être rangés en deux classes.

Dans la première, ceux où l'on varie la détente en variant la longueur de course des tiroirs;

Dans la seconde, les appareils où l'on produit un effet semblable en se servant d'un double tiroir.

Examinons d'abord comment, en augmentant ou diminuant la course des tiroirs, on peut varier la détente.

Soit *ab* (fig. 573 et 574) la course parcourue par le tiroir, *ac* la demi-course.

Le tiroir étant supposé se mouvoir de gauche à droite, l'admission commencera quand le rebord extérieur du tiroir arrivera sur le bord extérieur de la lumière; elle cessera quand le tiroir, marchant de droite à gauche, sera venu reprendre cette même position.

Or, s'il n'y avait pas de recouvrement extérieur, cela aurait lieu quand le tiroir serait au milieu de sa course en *c*; avec un recou-

vement extérieur  $oc$ , il suffira que le tiroir soit arrivé en  $o$  pour que l'admission commence ou cesse.

Décrivons un cercle sur  $ab$  comme diamètre ; à chaque position  $o$  du tiroir correspondront deux positions  $m$  et  $m'$  du centre de l'ex-

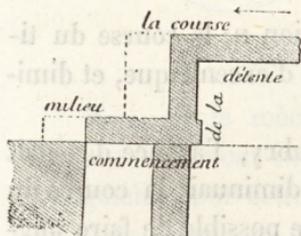


Fig. 575.

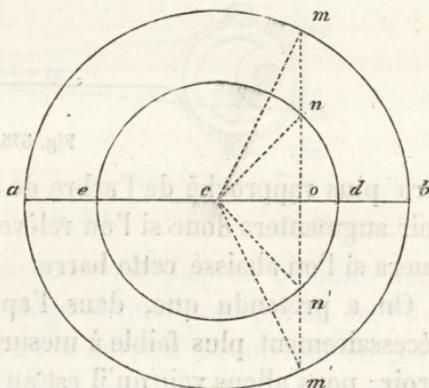


Fig. 574.

centrique, l'une pour le commencement, l'autre pour la fin de l'admission. L'angle  $mcm'$  sera l'angle décrit par le centre de l'excentrique ou par la manivelle, pendant la durée de cette admission. Si maintenant nous réduisons la course du tiroir à une longueur  $de$ , et si sur cette longueur  $de$  partagée en deux parties égales par le centre  $c$  du premier cercle, nous en décrivons un second, nous verrons aisément que l'admission n'a plus lieu que pendant que la manivelle parcourt l'angle  $ncn'$ .

Ainsi, plus on réduira la course d'un tiroir donné, plus on restreindra la durée de l'admission, ou, en d'autres termes, plus on détendra.

Deux dispositions ont été employées pour faire varier la course du tiroir pendant la marche : celle de certaines machines belges, appelée, du nom de son inventeur, disposition de Cabry, et la coulisse de Stephenson, que nous avons déjà décrite.

**Disposition Cabry.** — Dans les machines Cabry, le tiroir reçoit le mouvement de l'excentrique par l'intermédiaire d'un levier  $lm$  (fig. 575) fixé sur un arbre de distribution  $n$ . Le levier  $lm$  est percé d'une coulisse rectangulaire dans laquelle vient s'engager le

manneton qui termine la barre d'excentrique de marche en avant. L'espace parcouru par ce manneton étant constant, l'angle qu'il fera décrire au levier  $lm$  sera d'autant plus grand que le point  $m$

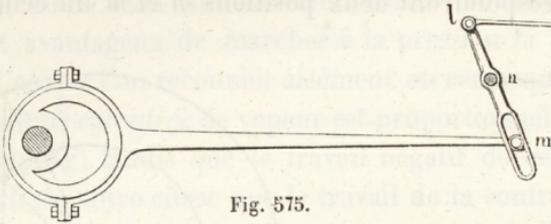


Fig. 575.

sera plus rapproché de l'arbre de distribution  $u$ ; la course du tiroir augmentera donc si l'on relève la barre d'excentrique, et diminuera si l'on abaisse cette barre.

On a prétendu que, dans l'appareil Cabry, l'avance devenait nécessairement plus faible à mesure qu'on diminuait la course du tiroir; nous allons voir qu'il est au contraire possible de faire augmenter cette avance à mesure que l'on détend davantage.

Supposons (fig. 576) la manivelle  $oM$  horizontale; si le calage est

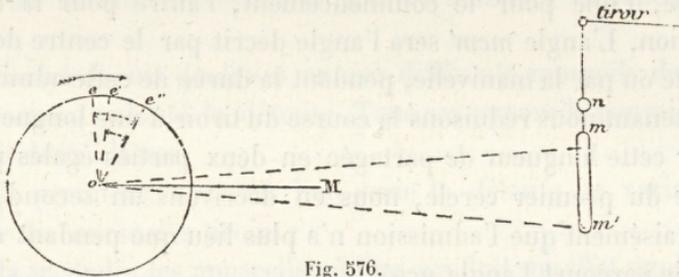


Fig. 576.

normal, le grand rayon de l'excentrique doit être perpendiculaire à  $om$ , qui est la position de la barre d'excentrique pour laquelle la course est un maximum. Ce grand rayon doit en outre se trouver en  $oe$  en arrière de la manivelle, puisque le mouvement est transmis indirectement au tiroir. Si l'on donne une avance correspondante à un angle  $\alpha = eoe''$ , cet angle devra être compté à partir de  $oe$  et en avant de cette droite dans le sens du mouvement indiqué par la flèche.

Si maintenant nous abaissons la barre d'excentrique en  $om'$  de manière à diminuer la course du tiroir, la position du grand rayon d'excentrique qui conviendrait au calage normal se trouverait en

$oe'$  perpendiculaire à  $om'$  et l'avance angulaire ne serait plus que de  $e'oe''$ . Dans ce cas, l'avance diminue donc à mesure qu'on augmente la détente.

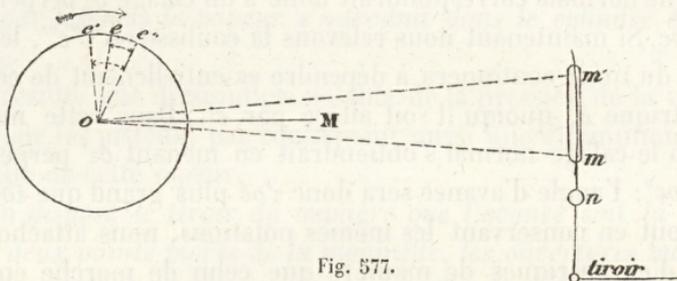


Fig. 577.

Mais, si le mécanisme se trouvait disposé comme dans la figure 577, nous aurions le calage normal pour  $om$  en  $oe$ , l'avance angulaire pour cette position de la barre d'excentrique en  $oe''$ ; et, si nous reportions cette barre d'excentrique en  $om'$  de manière à diminuer la course du tiroir, le nouveau calage normal serait  $oe'$ , et l'angle d'avance serait  $e'oe''$  plus grand que  $oe''$ .

C'est donc à tort qu'on a avancé que, dans les machines qui portent le mécanisme de détente variable de Cabry, l'avance diminue nécessairement quand la détente augmente.

**Coulisse mobile de Stephenson.** — Nous avons vu, page 480, que chacun des points de la coulisse de Stephenson intermédiaire entre les deux extrêmes a un mouvement d'une amplitude d'autant moins grande qu'il est plus rapproché du point milieu de cette coulisse, appelé *point mort*. Il en résulte qu'il suffira d'arrêter le levier de changement de marche dans une position plus ou moins rapprochée du point mort pour que le mouvement transmis au coulisseau, et par conséquent au tiroir, soit plus ou moins restreint. Nous avons supposé les excentriques calés tous deux pour la marche normale; il n'en est rien pour les machines qui portent la coulisse, on leur donne en général une avance de  $30^\circ$ . Les mouvements que l'on obtient ainsi sont plus compliqués; mais ils n'en suivent pas moins la loi que nous venons d'indiquer.

Soit  $oM$  (fig. 578) la position de la manivelle à son point mort,  $oe$  la position correspondante du grand rayon de l'excentrique de marche en avant,  $oe'$  celle de la marche en arrière; soit  $TT$  la direc-



Si l'on étudie la marche relative du piston et du tiroir au moyen de courbes analogues à celles dont nous avons indiqué la construction, on est conduit aux conclusions suivantes :

*En diminuant la course des tiroirs, on diminue la longueur des orifices par lesquels la vapeur s'introduit dans le cylindre et s'en échappe.*

Il en résulte une diminution notable de la pression de la vapeur qui agit sur les pistons, par conséquent aussi une diminution dans l'effet utile de cette vapeur.

*Si l'on dispose le tiroir de manière que l'avance soit la même pour les deux points morts de la manivelle, les ouvertures maxima des lumières ne seront pas les mêmes pour les deux faces du piston, et l'échappement ne sera pas régulier, c'est-à-dire que les deux positions de la manivelle pour lesquelles commence l'échappement*

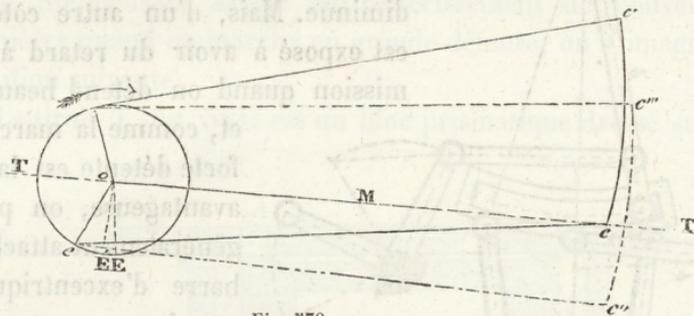


Fig. 579.

ne seront pas situées sur une même ligne droite passant par l'essieu moteur.

*Si au contraire on règle le tiroir de manière que l'ouverture des lumières soit la même pour les deux faces du piston, l'échappement sera sensiblement régulier; mais l'avance ne sera plus la même pour les deux côtés.*

Ces irrégularités sont dues à ce que le point  $c'$  (fig. 578 et 579), par lequel la coulisse est suspendue à l'arbre de relevage, décrit un arc de cercle au lieu de se mouvoir sur une ligne droite, de sorte que le coulisseau ne conserve pas une position invariable dans la coulisse pendant un tour de roue entier. Si le coulisseau pouvait être fixé d'une manière simple en un point quelconque de la coulisse, ce défaut de l'appareil disparaîtrait.



depuis quelque temps la coulisse de Stephenson, modifiée comme l'indique la figure 580.

Dans cette disposition, la tige du tiroir est guidée par de petites glissières et articulée à une bielle  $b$  d'une grande longueur qui porte le coulisseau. La coulisse présente sa concavité vers l'avant de la machine et est tracée avec un rayon égal à la bielle  $b$ ; elle est suspendue au moyen d'une bielle  $b'$  à un point fixe pris sur la chaudière ou sur le châssis. On effectue le changement de marche et l'on varie la détente en faisant descendre ou monter le coulisseau dans la coulisse.

Il est aisé de voir que, dans ce cas, l'avance ne varie pas avec le degré de la détente, pourvu que l'angle de calage et la longueur des bielles soient les mêmes pour les deux excentriques.

Afin de remédier en même temps à l'autre vice capital de la coulisse Stephenson, savoir au rétrécissement de l'ouverture des lumières quand on marche en grande détente, on a imaginé la disposition suivante.

Le tiroir T (fig. 581) est un bloc prismatique dressé sur sa face

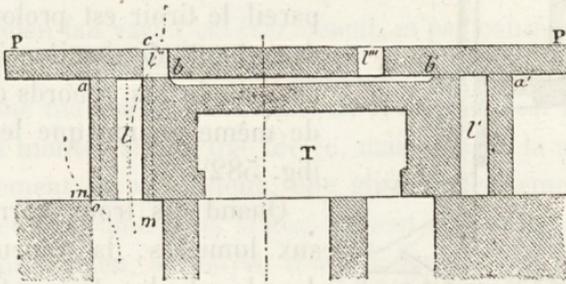


Fig. 581.

inférieure et sur les positions  $ab$ ,  $a'b'$  de sa face supérieure. Une plaque PP, également dressée, repose sur cette face supérieure et reste fixe pendant que le tiroir exécute son mouvement.

Les rebords du tiroir et la plaque sont percés de lumières  $l$ ,  $l'$ ,  $l''$  et  $l'''$ , disposées de telle façon, que, quand le rebord  $m$  du tiroir est sur le point de découvrir celui  $c$  de la table, le bord  $m$  de la lumière  $l$  coïncide également avec celui  $c'$  de la plaque supérieure. On conçoit aisément que, si la lumière est ouverte de 6 millimètres

en  $c$ , elle le sera de la même quantité en  $c'$  : les passages par lesquels la vapeur se rend dans les cylindres sont donc doublés.

Il est nécessaire, pour régler convenablement la marche des locomotives, de se rendre un compte exact des effets des déplacements de la coulisse, de sa longueur et de sa courbure sur le jeu des tiroirs. C'est ce que l'on fait dans les ateliers au moyen d'un appareil fort simple décrit dans le *Guide du mécanicien*. M. Philips, ingénieur des mines et du matériel du chemin de l'Ouest, est arrivé aux mêmes résultats par le calcul.

Ce calcul l'a conduit à établir une série de principes que la pratique confirme, et que nous indiquerons dans le chapitre consacré à la théorie.

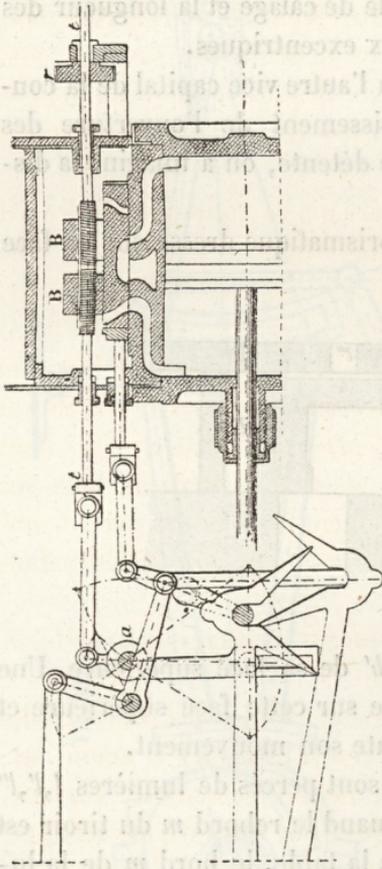


Fig. 582.

**Détentes à deux tiroirs.** — On a proposé différentes dispositions pour faire varier la détente au moyen d'appareils distincts des tiroirs. Les deux principaux sont le *système Meyer* et le *système Gonzenbach*.

**Système Meyer.** — Dans cet appareil le tiroir est prolongé à ses deux bouts de manière à présenter au delà de ses rebords deux trous de même section que les lumières (fig. 582).

Quand ces trous correspondent aux lumières, la vapeur pénètre dans le cylindre. Sur ce tiroir reposent deux tasseaux ou blocs prismatiques BB emmanchés sur une tige filetée  $t$ . Les pas des portions de vis qui entrent dans chacun des blocs sont en sens inverse; la tige reçoit le mouvement de la tige du piston par l'intermédiaire d'un petit arbre de distribution  $a$ , qui porte deux manivelles; elle marche donc en sens inverse du piston.

Dans la première partie de la course du piston le tiroir et les blocs marchent dans un sens inverse.

Si, avant que le piston soit arrivé au bout de sa course, un des blocs vient à recouvrir le trou du tiroir qui admet la vapeur dans le cylindre, et s'il ne découvre pas cette lumière avant que le piston ait achevé sa course, la vapeur agira par détente à partir du moment où le passage aura été intercepté.

Le bloc qui doit intercepter l'admission se trouvant placé entre les deux trous du tiroir au départ du piston, le trou et le bloc iront d'abord à la rencontre l'un de l'autre et se superposeront si leurs positions initiales et leurs courses sont convenablement calculées.

Dans la seconde période de leur mouvement ils marcheront dans le même sens ; mais, comme leur mouvement ne sera pas le même, leur position relative changera encore et pourra toujours donner lieu à une superposition si celle-ci n'a pas eu lieu dans la première période.

Le mouvement du tiroir et celui des blocs sont invariables ; il en résulte que les rebords extérieurs des trous du tiroir et du bloc se rencontreront d'autant plus vite que les blocs seront plus écartés. Le mécanicien fait varier cet écartement, et par conséquent le point où commence la détente, en tournant la tige filetée des blocs au moyen d'une manivelle, d'arbres et de roues dentées. L'une de ces roues  $r$  est montée sur la tige filetée, mais elle ne la suit pas dans son mouvement de va-et-vient ; elle glisse à frottement doux sur cette tige et l'entraîne dans le mouvement de rotation que lui imprime le mécanicien, au moyen d'une languette qui pénètre dans une rainure.

La détente Meyer présente de nombreux avantages sur celle de Stephenson que nous venons de décrire.

La marche du tiroir étant la même dans toutes les positions des blocs sur leurs tiges, les orifices présentent toujours la même section, quel que soit le degré de détente auquel on marche. L'avance à contre-vapeur ne varie pas, non plus que l'avance à l'échappement ; on peut donc se régler une fois pour toutes, de manière qu'elles se trouvent dans les meilleures conditions possibles.

Enfin la compression, qui, dans ces appareils à courses variables,

croît si rapidement avec la détente, reste constamment la même et peut être réduite à la limite à laquelle elle cesse d'être utile.

Cependant la détente Meyer est complètement abandonnée en France à cause de la complication de ses organes, des nombreuses réparations qu'elle nécessite, et enfin du frottement considérable qui résulte du glissement des blocs sur le tiroir. En Autriche, cet appareil est toujours en faveur; seulement les blocs ne sont plus mis en mouvement par la crosse du piston, mais par un troisième excentrique<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> On se rendra aisément compte de la manière dont agit la détente Meyer en construisant deux courbes, l'une indiquant la marche du tiroir, l'autre celle des blocs, par rapport au piston (fig. 585). Plaçant les origines des deux courbes  $a - a'$  à une distance égale à celle qui sépare l'arête extérieure du bloc de l'arête extérieure de l'ori-

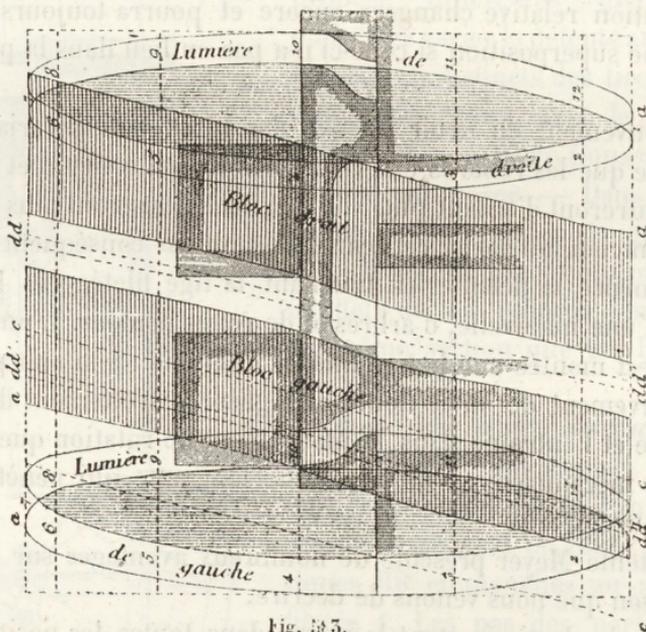


Fig. 585.

lice du tiroir au moment où le piston est à bout de course, on verra que les deux arêtes vont à la rencontre l'une de l'autre, se croisent en se dépassant, se rapprochent de nouveau, puis se croisent une seconde fois. Pour que la détente se fasse d'une manière utile, il faut :

1° Que le second croisement des deux arêtes n'ait pas lieu avant que le piston soit arrivé à l'autre bout de sa course; sans quoi on aurait dépensé une cylindrée entière de vapeur sans que celle-ci ait agi sur le piston autrement que par détente pendant que l'admission aurait été interceptée;

**Systèmes Gonzenbach et Delpêche.** — Dans ces deux systèmes le tiroir proprement dit est absolument semblable aux tiroirs ordinaires. La vapeur est d'abord admise dans une première boîte à vapeur B (fig. 584), qui communique avec la seconde B' par deux

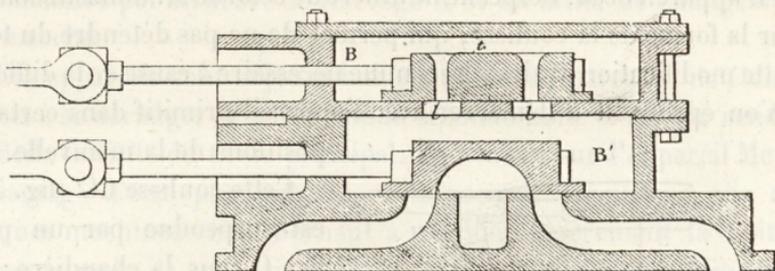


Fig. 584.

lumières *l,l*. Un second tiroir *t*, analogue à celui du système Meyer, glissant sur la table qui porte ces orifices, livre passage à la vapeur ou intercepte ce passage suivant que ses orifices recouvrent ou non

2° Que l'arête intérieure du bloc ne dépasse jamais l'arête intérieure de l'orifice du tiroir, sans quoi la vapeur serait également réadmise avant que le piston ait terminé sa course. — Pour remplir cette dernière condition, il faut que la largeur du bloc soit au moins égale à celle de l'orifice du tiroir augmentée de la quantité maxima dont les deux arêtes extérieures se dépassent, laquelle se mesure par l'écartement maximum des deux courbes *bb*. On voit du reste que, plus on détend, plus cette largeur est grande.

L'étude de ces courbes montre, en outre :

1° Que les pas des deux vis qui servent à écarter ou à rapprocher les blocs ne doivent pas être les mêmes si l'on veut que la détente soit constamment la même pour les deux faces du piston. Ceci résulte de ce que les espaces parcourus par le piston ne sont pas symétriques des deux côtés du milieu de sa course, tandis que la marche du tiroir, dont la bielle est fort longue par rapport à l'excentricité, est presque la même que celle de la projection du centre de l'excentrique ;

2° Que par la même raison la largeur minima à donner aux deux blocs n'est pas non plus la même ;

3° Que pour une course donnée des blocs il y a une détente maxima *cc*. Si l'on veut détendre plus que ce maximum, l'orifice se découvre en arrière avant que le piston soit arrivé à bout de course et l'on dépense en pure perte toute la vapeur qui aurait été admise utilement pendant la période de détente si l'admission n'avait pas été interceptée ;

4° Que pour une course donnée des blocs il y a également une détente minima *dd'* ; si l'on veut détendre moins que ce minimum, l'orifice se découvre de nouveau avant que le piston soit arrivé à bout de course, et la dépense de vapeur se trouve être la même que si l'on n'avait pas détendu *dd'* ;

5° Que les portions de course du piston pendant lesquelles les blocs rétrécissent les orifices du tiroir sont fort courtes, de sorte que la vapeur est fort peu gênée dans son mouvement.

ceux de la table. Ce tiroir est mis en mouvement par l'excentrique de marche en arrière ; il n'agit que quand la machine marche en avant. En variant sa course au moyen d'une coulisse analogue à celle de Cabry (fig. 575), on fait varier la détente.

L'appareil de M. Delpèche ne diffère de celui de M. Gonzenbach que par la forme de la coulisse, qui permet de ne pas détendre du tout ; cette modification avait été reconnue nécessaire à cause de la difficulté qu'on éprouvait à démarrer avec l'appareil primitif dans certaines positions de la manivelle.

Cette coulisse CC' (fig. 585) est suspendue par un point fixe C sous la chaudière ; elle oscille autour de ce point fixe, entraînée par la barre d'excentrique E'', dont le collier est monté sur une poulie d'excentrique parfaitement semblable à celle de la marche en arrière. Le tiroir auxiliaire étant mis en mouvement par le point t de la coulisse, il suffit de faire varier l'amplitude de la course de cette coulisse pour produire le même effet sur le tiroir de détente. Dans ce cas l'arbre manœuvré depuis la plate-forme du mécanicien par une bielle ll et une manivelle lv porte une seconde manivelle mv, reliée à l'extrémité de la barre d'excentrique E'' au moyen de la petite bielle mn. En faisant parcourir au point l l'arc ll' on fera parcourir au point m l'arc mm', et l'on fera

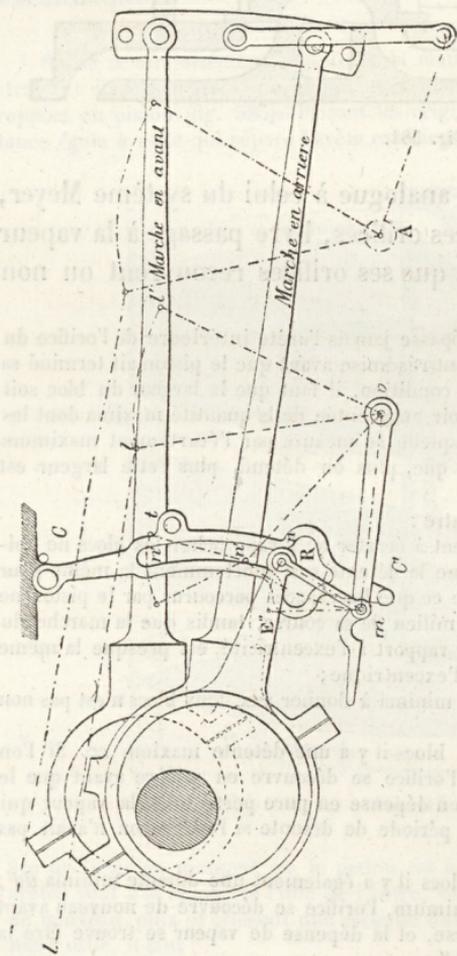


Fig. 585.

passer l'extrémité de la barre E'' de n et n'. Si l'on amène le bou-

ton  $n$  dans la partie R de la coulisse où celle-ci s'élargit tout à coup, la barre E'' exécutera son mouvement sans entraîner la coulisse, et celle-ci, restant immobile, ne produira plus de détente. Le tiroir principal est mis en mouvement par une coulisse ordinaire commandée par un arbre de relevage A et un levier de changement de marche.

Ces appareils sont aujourd'hui abandonnés, parce qu'ils étaient sujets à se déranger et parce que la seconde boîte à vapeur rendait difficile la visite du tiroir principal. Ils avaient sur l'appareil Meyer l'avantage d'être plus simples et de pouvoir s'appliquer aux anciennes machines en se bornant à modifier légèrement la boîte à vapeur ; mais ils lui étaient inférieurs sous le rapport théorique, parce que la vapeur se détendait aussi bien dans la seconde boîte que dans le cylindre, et qu'ainsi une partie de son travail mécanique était perdue. Nous avons cru devoir nous étendre aussi longuement sur les systèmes de détente à deux tiroirs, parce que seuls ils utilisent convenablement la vapeur. Chaque jour les exigences du service forcent à augmenter la puissance des machines ; pour cela on augmente la production de vapeur au moyen de surfaces de chauffe énormes, et les appareils atteignent des poids de plus en plus considérables. Ne serait-il pas avantageux de chercher une partie de cette augmentation de puissance dans un emploi plus rationnel de la vapeur ? Plus loin nous décrirons une nouvelle disposition adoptée depuis peu de temps par M. Polonceau.

**Excentriques.** — Les excentriques des machines locomotives sont en fonte. Ils portent deux joues qui présentent une faible saillie sur la circonférence de l'excentrique. Dans cette espèce de gorge vient se loger le collier d'excentrique, sorte de bague en bronze faite en deux morceaux assemblés à boulons. Quelquefois le collier est en fer ; dans ce cas l'une de ses moitiés est alors venue de forge avec la barre d'excentrique (fig. 558 B), quand le collier est en bronze, la barre est assemblée comme l'indique la figure 559 A. Quelquefois c'est le collier qui porte une gorge dans laquelle vient s'engager l'excentrique (fig. 586). Généralement les deux excentriques d'un même tiroir sont fondus ensemble ; mais presque toujours on est obligé de les composer de deux parties réunies par des

boulons *bb*, logés dans la fonte et serrés au moyen de clavettes *cc* (fig. 587). L'excentrique est fixé sur l'arbre moteur par le moyen de clavettes *d*; autrefois on se servait de vis de serrage; mais elles sont insuffisantes.



Fig. 586.

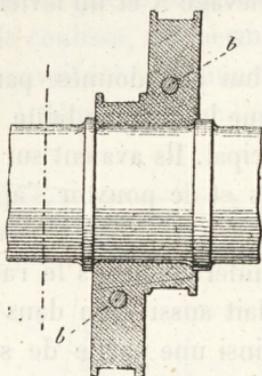
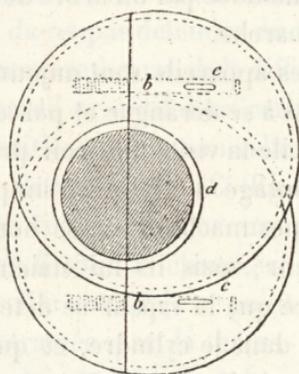


Fig 587.



Dans les anciennes distributions, les fourchettes étaient venues de forge avec les barres; elles devaient être assez évasées pour rencontrer le maneton de l'arbre de distribution dans toutes leurs positions. Actuellement on termine ces barres par une simple chape qui vient embrasser l'extrémité de la coulisse.

Les arbres de distribution et de relevage sont en fer d'une seule pièce avec toutes leurs manivelles. Les autres pièces de transmission sont également en fer.

**Coulisse.** — Nous avons déjà représenté, page 478, une disposition de coulisse, dite coulisse simple. On en emploie quelquefois une autre appelée coulisse double. La tige du tiroir est fixée sur un étrier au moyen de deux écrous qui permettent de régler avec facilité la longueur de cette tige. L'étrier est articulé sur une pièce appelée guide carré, laquelle est dirigée dans son mouvement rectiligne par un support fixé sur le bâti de la machine. L'autre extrémité du guide carré porte un tourillon sur lequel sont emmanchés deux petits coulisseaux en acier qui glissent chacun dans la rainure d'une des parties de la coulisse. Généralement la coulisse double est suspendue à l'arbre de relevage vers le milieu de sa hauteur.

**Levier de changement de marche** (fig. 588 et 589). — Le levier de changement de marche le plus généralement adopté est représenté fig. 589. Il est entièrement en fer forgé; son point fixe

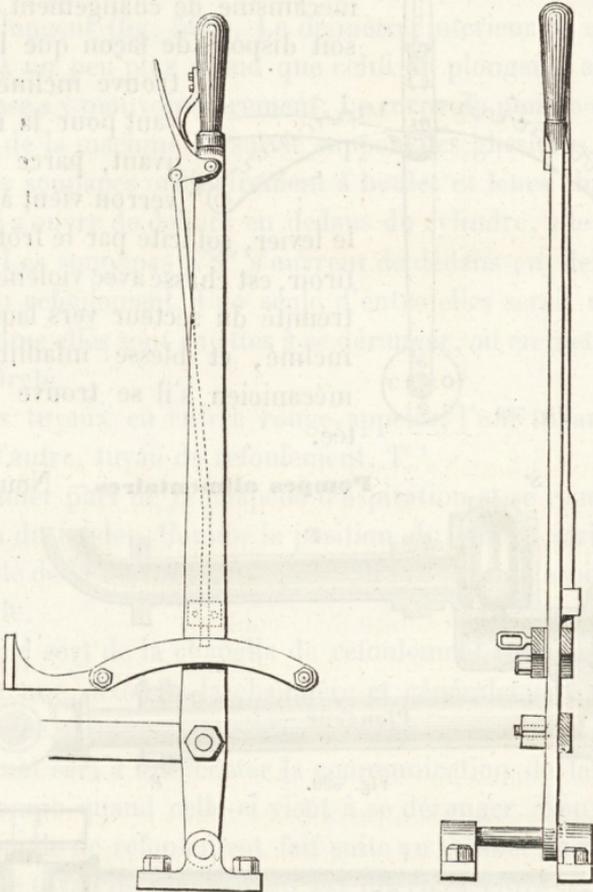


Fig. 588.

*o* est pris tantôt sur la chaudière, tantôt sur le bâti de la machine. Il porte une mortaise *m*, dans laquelle pénètrent le secteur *SS* et une petite tringle *tt* appelée verrou, sollicitée par un ressort à se loger dans les crans *cc'c''* de ce secteur. Le secteur est attaché, comme le point fixe, sur la chaudière ou sur le bâti; la grande tringle ou bielle de changement de marche est articulée sur le goujon *g*.

Quand on veut changer la marche ou faire varier la détente, on

soulève le verrou, on amène le levier à la position voulue, et on laisse retomber le verrou dans le cran.

Comme les machines marchent presque toujours en avant, il est bon que le mécanisme de changement de marche soit disposé de façon que le levier se

trouve incliné vers l'avant pour la marche en avant, parce que, si le verrou vient à manquer,

le levier, sollicité par le frottement du tiroir, est chassé avec violence vers l'extrémité du secteur vers laquelle il est incliné, et blesse infailliblement le mécanicien s'il se trouve à sa portée.

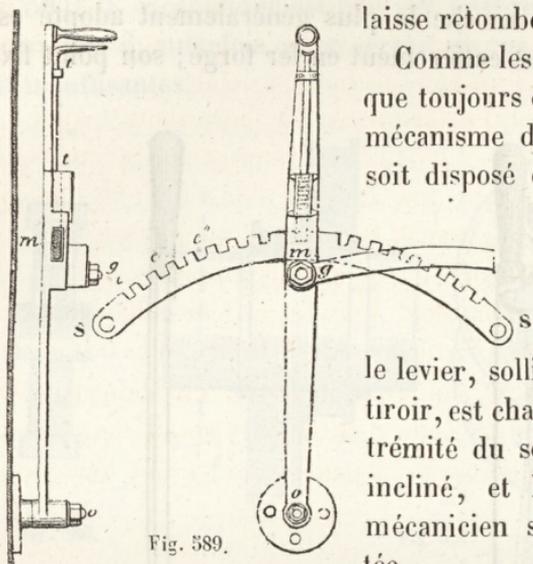


Fig. 589.

### Pompes alimentaires.— Nous avons vu

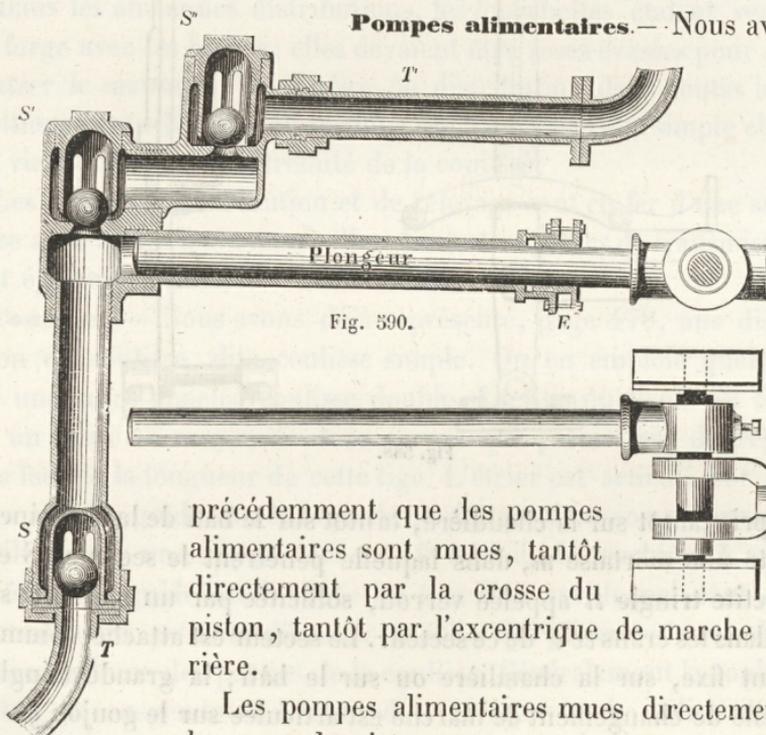


Fig. 590.

précédemment que les pompes alimentaires sont mues, tantôt directement par la crosse du piston, tantôt par l'excentrique de marche en arrière.

Les pompes alimentaires mues directement par la crosse du piston comprennent :

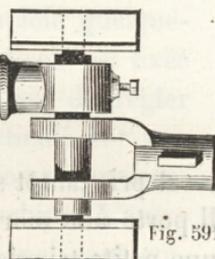


Fig. 591.

1° Un plongeur (fig. 591) en acier ou en fer recouvert d'une feuille de cuivre de 0<sup>m</sup>,04 à 0<sup>m</sup>,06 de diamètre, fixé sur la crosse du piston parallèlement à la tige de celui-ci. Ce plongeur traverse un presse-étoupes E, qui forme obturation au dehors.

2° Un corps de pompe en bronze ou en fonte dans lequel se meut le plongeur (fig. 590). Le diamètre intérieur de ce corps de pompe est un peu plus grand que celui du plongeur, afin que celui-ci puisse s'y mouvoir librement. Le corps de pompe est fixé sur le châssis de la machine ou sur le support des glissières.

3° Trois soupapes ordinairement à boulet et leurs chapelles. La soupape S s'ouvre de dehors en dedans du cylindre, elle sert à l'aspiration. Les soupapes S'S'' s'ouvrent de dedans en dehors; elles servent au refoulement. Une seule d'entre elles serait nécessaire; mais, comme elles sont sujettes à se déranger, on en met deux pour plus de sûreté.

4° Deux tuyaux en cuivre rouge appelés, l'un, tuyau d'aspiration, T; l'autre, tuyau de refoulement, T' <sup>1</sup>.

Le premier part de la chapelle d'aspiration et se rend au réservoir d'eau du tender. Comme la position du tender varie par rapport à celle de la machine, une partie de ce tuyau d'aspiration doit être flexible.

Le second sort de la chapelle de refoulement et aboutit au robinet de retenue, fixé sur la chaudière et généralement près de la boîte à fumée.

Ce robinet sert à intercepter la communication de la chaudière avec la pompe quand celle-ci vient à se déranger. Souvent la seconde chapelle de refoulement fait suite au robinet de retenue, de sorte que le tuyau de refoulement est interposé entre les deux chapelles de refoulement. Cette disposition est très-convenable; quand elle n'existe pas, il arrive fréquemment que, le tuyau de refoulement venant à crever, on éprouve beaucoup de difficulté à fermer le robinet de retenue, à cause de l'eau bouillante projetée; alors la chaudière se vide rapidement.

<sup>1</sup> Dans quelques anciennes machines de Stephenson le tuyau de refoulement aboutissait au foyer. Cette disposition était vicieuse, parce que l'eau froide d'alimentation qui venait frapper le foyer, dont les parois sont toujours à une température élevée, *saisissait* ces parois et occasionnait ainsi des fuites nombreuses.

Entre les deux soupapes de refoulement se trouve une tubulure d'où part un petit tuyau muni d'un robinet que le mécanicien manœuvre de sa plate-forme. En ouvrant ce robinet, on permet à l'air contenu dans le corps de pompe de se dégager, et l'on voit que la pompe fonctionne quand le jet intermittent qui s'en échappe est bien franc et quand ses pulsations coïncident avec celles de la pompe.

Les pompes mues par les excentriques ne diffèrent des précédentes que par le diamètre et la course du plongeur (fig. 592). On

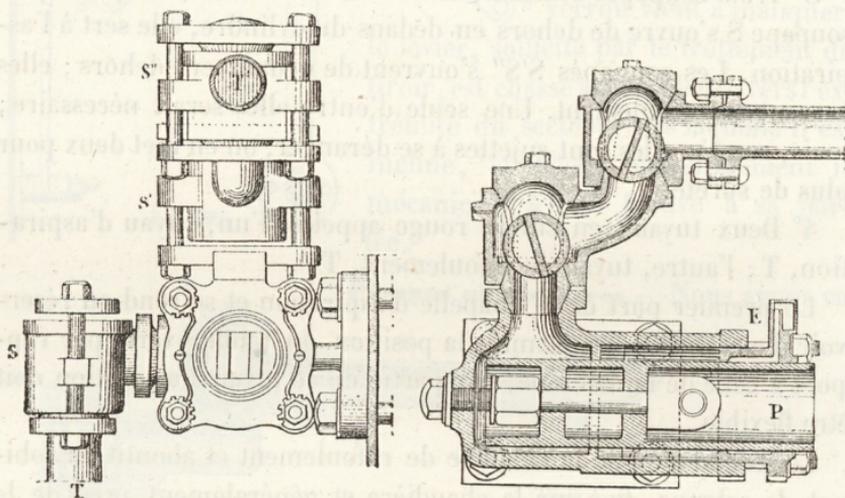


Fig. 592.

les fixe quelquefois au châssis; plus généralement à la chaudière, contre la paroi antérieure de la boîte à feu.

Quelques constructeurs placent sur les machines locomotives une petite machine à vapeur spéciale qui met en mouvement une pompe alimentaire. Cette disposition est plus particulièrement appliquée aux machines à marchandises, qui sont souvent obligées de stationner fort longtemps sur les voies de garage pour attendre le passage des trains à voyageurs. Nous pensons qu'il conviendrait d'en étendre l'emploi aux machines à voyageurs.

Au chemin de Strasbourg on a reconnu que, les pompes étant placées à l'extérieur, l'eau, au moment des grands froids, était exposée à geler, et on les a transportées à l'intérieur.

## DU TRAIN.

Le train se compose essentiellement :

- 1° Du châssis avec ses accessoires, tels que chasse-pierres, attelages, plate-forme ;
- 2° Des roues ;
- 3° Des boîtes à graisse et ressorts.

**Châssis.** — Que le châssis soit intérieur ou qu'il soit extérieur, il se compose toujours essentiellement de deux *longerons* réunis par des *traverses*.

Dans les châssis intérieurs (fig. 593), les longerons L sont ordinairement de fortes barres de fer de 0<sup>m</sup>,20 de largeur, sur 0<sup>m</sup>,05 d'épaisseur, terminées à leurs deux extrémités par des pattes venues de forge sur lesquelles on boulonne les traverses TT en bois. Les plaques de garde, dont les fonctions sont les mêmes que dans les waggons, sont généralement doubles ; elles se composent de deux plaques en tôle de 0<sup>m</sup>,012 à 0<sup>m</sup>,015 d'épaisseur, fixées de part et d'autre au longeron au moyen de rivets qui traversent les trois épaisseurs. Quelquefois on ne met qu'une plaque de garde, qui alors a de 0<sup>m</sup>,017 à 0<sup>m</sup>,020 d'épaisseur ; enfin il existe même des châssis dans lesquels ces plaques sont venues de forge avec les longerons, disposition qui donne une épaisseur moindre à ce longeron, et permet ainsi d'augmenter sensiblement les dimensions transversales de la boîte à feu. Quelquefois on supprime la traverse d'arrière en bois et on dispose l'appareil d'attelage de la machine au tender de manière à remplacer cette traverse (fig. 594).

Afin de donner plus de rigidité au châssis, on relie les extrémités inférieures des plaques de garde par de fortes armatures *aa* en fer méplat. Dans le même but on réunit les plaques de garde d'un même essieu au moyen d'entretoises *ee* en fer rond (fig. 595).

Quand le châssis est extérieur, on ne peut plus relier les plaques de garde par des armatures transversales ; il faut alors que les longerons présentent plus de rigidité par eux-mêmes. A cet effet, on

les construit en bois doublé de tôle des deux côtés ; les plaques de garde sont alors entaillées dans ces tôles ou rapportées comme dans les châssis intérieurs (fig. 594).

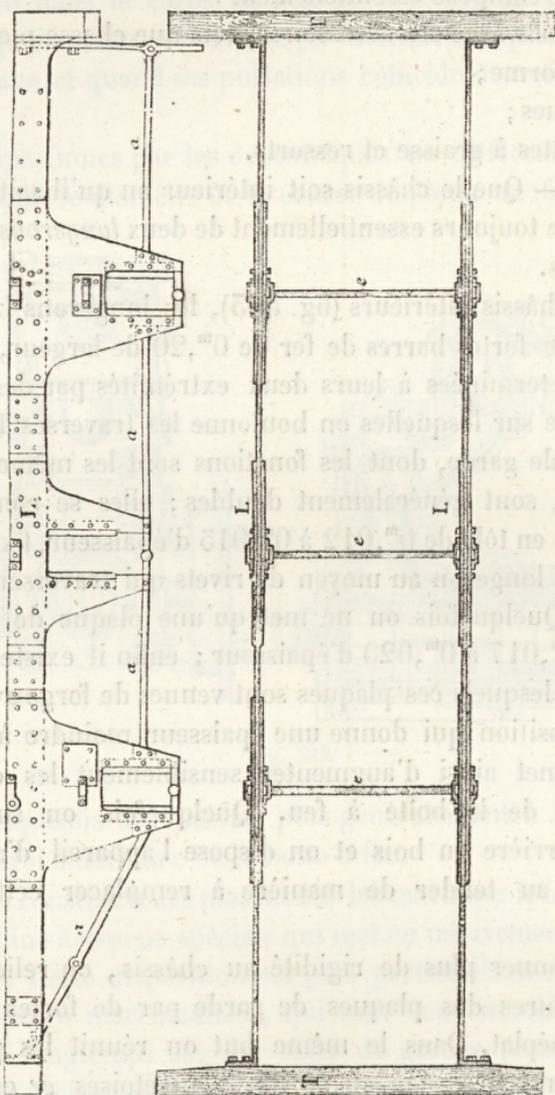
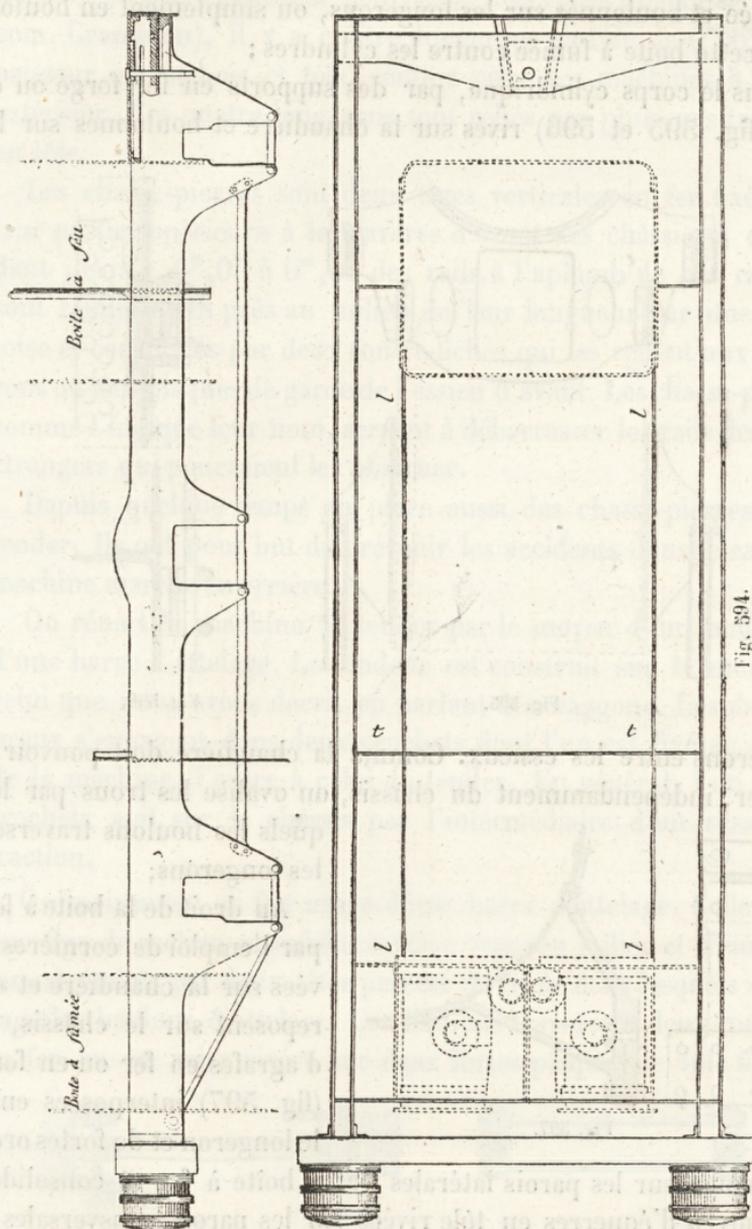


Fig. 595.

En général, les châssis extérieurs nécessitent l'emploi de petits longerons supplémentaires ou longereaux *ll* (fig. 594), sur lesquels on fixe les glissières et quelquefois des boîtes à graisse auxiliaires de l'essieu moteur.

Souvent on relie aussi les longerons des châssis quelconques par des traverses *tt'* (fig. 594), en tôle ou en fer forgé, qui leur donnent



de la rigidité et servent de points d'attache aux pièces du mécanisme.

Au châssis on relie la chaudière :

A l'avant, au moyen de supports en fer forgé rivés sur la boîte à fumée et boulonnés sur les longerons, ou simplement en boulonnant cette boîte à fumée contre les cylindres ;

Sous le corps cylindrique, par des supports en fer forgé ou en tôle (fig. 595 et 596) rivés sur la chaudière et boulonnés sur les

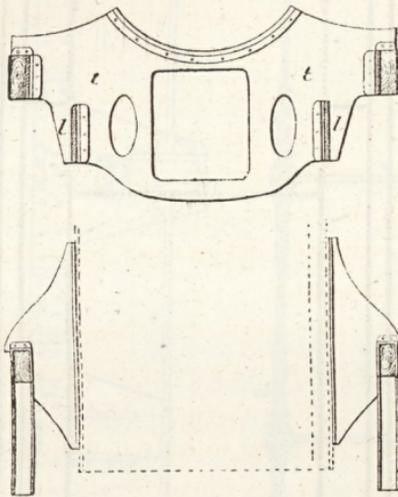


Fig. 595.

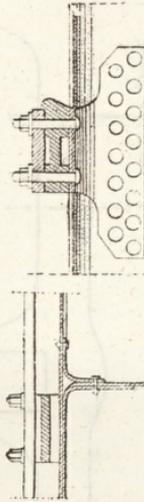


Fig. 596.

longerons entre les essieux. Comme la chaudière doit pouvoir se dilater, indépendamment du châssis, on ovalise les trous par lesquels les boulons traversent les longerons ;

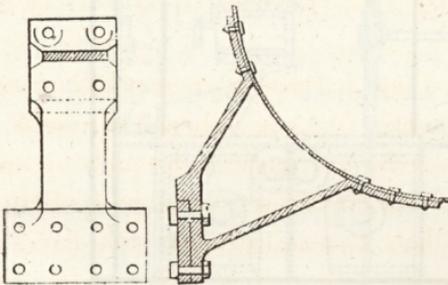


Fig. 597.

Au droit de la boîte à feu, par l'emploi de cornières rivées sur la chaudière et qui reposent sur le châssis, ou d'agrafes en fer ou en fonte (fig. 597) interposées entre le longeron et de fortes oreilles

venues sur les parois latérales de la boîte à feu et consolidées au moyen d'équerres en tôle rivées sur les parois transversales de cette capacité. Les longerons, agrafes et oreilles sont réunis par de forts boulons.

Quand les machines ont un châssis intérieur pour les roues motrices et un autre extérieur pour les petites roues (machines Buddicom, Crampton), il y a quatre longerons en tôle de 0<sup>m</sup>,025 d'épaisseur ou en bois et tôle, comme pour les machines à châssis extérieur. Ces quatre longerons sont reliés par plusieurs traverses en tôle.

Les chasse-pierres sont deux tiges verticales en fer fixées par leur partie supérieure à la traverse d'avant des châssis et descendant jusqu'à 0<sup>m</sup>,05 à 0<sup>m</sup>,06 des rails à l'aplomb de ces rails. Ils sont réunis à peu près au milieu de leur longueur par une entretoise et consolidés par deux contre-fiches qui les relient aux longerons ou aux plaques de garde de l'essieu d'avant. Les chasse-pierres, comme l'indique leur nom, servent à débarrasser les rails des corps étrangers qui pourraient les obstruer.

Depuis quelque temps on place aussi des chasse-pierres sur le tender. Ils ont pour but de prévenir les accidents dans le cas où la machine marche en arrière.

On réunit la machine au tender par le moyen d'un tendeur ou d'une barre d'attelage. Le tendeur est construit sur le modèle de celui que nous avons décrit en parlant des waggons. Les deux anneaux s'engagent dans deux crochets dont l'un est fixé au châssis de la machine, l'autre à celui du tender. En général, l'un de ces crochets agit sur le châssis par l'intermédiaire d'un ressort de traction.

Ordinairement on fait usage d'une barre d'attelage. Celle-ci est une tige de section circulaire renflée vers son milieu et terminée à ses extrémités par deux têtes percées de trous dans lesquels on engage les boulons d'attelage. Ces boulons traversent deux rondelles en fer ou en acier rivées sur deux fortes plaques de tôle fixées à

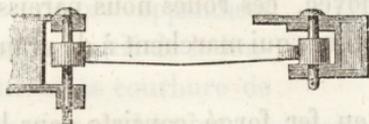


Fig. 598.

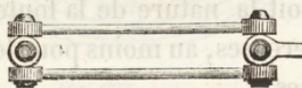


Fig. 599.

l'arrière de la boîte à feu ou mieux entre les longerons du châssis (fig. 598, 599 et 600).

Outre la barre d'attelage on place généralement de part et d'autre de cette barre deux espèces de chaînes de sûreté.

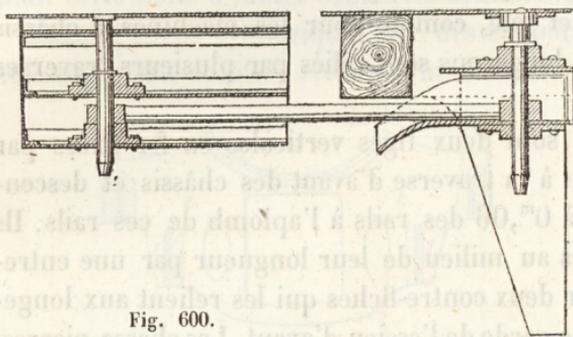


Fig. 600.

La traverse d'avant des machines est munie en son milieu d'un crochet ou d'un piton à anneaux qui sert à l'atteler derrière une seconde machine ou à la réunir à l'arrière d'un train qu'elle doit refouler dans une manœuvre. Elle porte en outre deux tampons en cuir rembourré de filasse ou en caoutchouc vulcanisé qui s'appuient sur les tampons du tender ou du waggon qui se trouve en queue.

La plate-forme du mécanicien est composée de feuilles de tôle qui reposent sur le châssis, directement ou par l'intermédiaire de consoles ; autant que possible on la fait régner tout autour de la machine, afin de pouvoir en visiter toutes les parties pendant la marche. La plate-forme proprement dite qui entoure la boîte à feu est munie d'un garde-corps qui est généralement formé de feuilles de tôle assemblées vers l'arrière sur de petites colonnettes en fer et à sa partie supérieure sur une main-courante qui part de la chaudière et aboutit au sommet de ces colonnettes.

**Roues et essieux.** — Les roues de locomotives sont partie en fonte, partie en fer forgé, toutes en fer forgé, ou toutes en fonte. Dans le premier cas, le moyeu seul est en fonte (fig. 601 et 602).

Les roues en fonte ne sont employées qu'en Amérique. Quelle que soit la nature de la fonte employée, ces roues nous paraissent dangereuses, au moins pour les machines qui marchent à de grandes vitesses.

Le principal mérite des roues en fer forgé consiste dans leur grande légèreté. On est parvenu à en approcher beaucoup dans les roues à moyeu en fonte, en diminuant les dimensions du moyeu et le cerclant avec un anneau en fer. Les roues en fer étant un peu

plus coûteuses que ces dernières, on continue sur quelques chemins à faire usage des roues avec moyeu en fonte; *toutefois on tend*

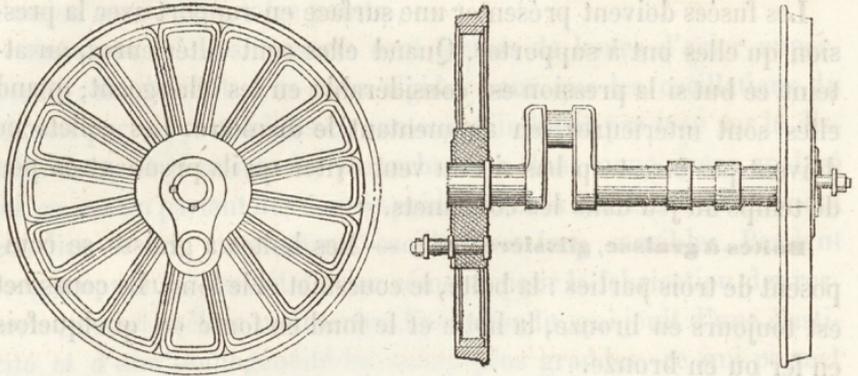


Fig. 601.

*assez généralement à les abandonner pour les roues toutes en fer.*

Les roues avec moyeu en fonte ne laissent rien à désirer, sous le rapport de la solidité, lorsqu'elles sont bien fabriquées.

Les rais de ces roues sont quelquefois formés, comme ceux des roues de waggons, avec les bandes de fer recourbées. Le plus souvent ils consistent en bandes de fer plat qui pénètrent dans le moyeu en fonte; affectant alors la forme de T, ils se terminent du côté des bandages par deux appendices ayant la moitié de la longueur et la courbure de

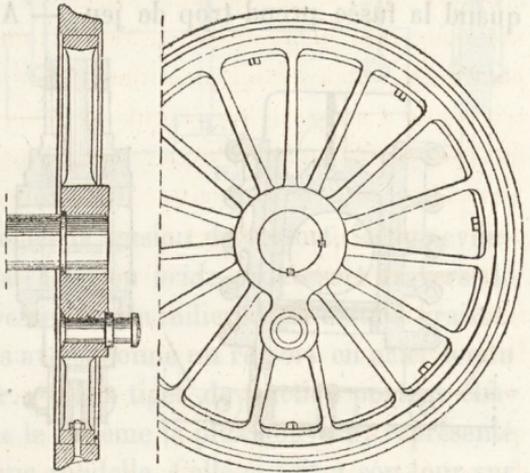


Fig. 602.

la portion de bandage comprise entre deux rais. Ces appendices juxtaposés, lorsque tous les rais sont en place, forment une espèce de faux cercle sur lequel on appuie le bandage.

Les moyeux des roues de locomotives sont calés sur les essieux au

moyen de la presse hydraulique. Deux clavettes en acier enfoncées à coups de masse pénètrent en même temps dans le moyeu et dans l'essieu.

Les fusées doivent présenter une surface en rapport avec la pression qu'elles ont à supporter. Quand elles sont extérieures, on atteint ce but si la pression est considérable en les allongeant; quand elles sont intérieures, en augmentant le diamètre. Les collets ne doivent pas être trop bas si l'on veut éviter qu'ils prennent en peu de temps du jeu dans les coussinets.

**Boîtes à graisse, glissières, etc.** — Les boîtes à graisse se composent de trois parties : la boîte, le coussinet et le fond. Le coussinet est toujours en bronze, la boîte et le fond en fonte ou quelquefois en fer ou en bronze.

Les boîtes à graisse en fer cémenté et trempé sont très-avantageuses. On les fabrique maintenant entièrement finies à un prix qui dépasse peu celui de deux francs le kilogramme.

Quand les boîtes sont entièrement en bronze, on supprime souvent le coussinet, ce qui force à remplacer complètement la boîte quand la fusée prend trop de jeu. — A sa partie supérieure, la

boîte à graisse reçoit la tige de pression du ressort à peu près en son milieu; des deux côtés de cette tige se trouvent deux réservoirs à huile qui communiquent avec la fusée par le moyen de petits canaux et de mèches de coton qui font office de siphon.

Les boîtes à graisse sont maintenues dans les plaques de garde par l'intermédiaire de glissières (fig. 605) en fonte dure.

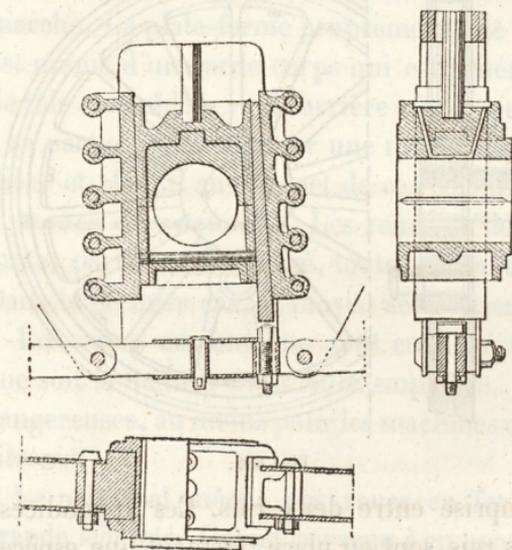


Fig. 605.

L'ajustage de ces pièces doit être très-soigné; sans cela les axes

du mécanisme ne conservent pas leurs positions relatives. — Les glissières s'usent assez rapidement; aussi les munit-on souvent de coins de serrage. — Quand le châssis est extérieur, on dispose souvent des boîtes à graisse dans les longerons, et l'on soutient ainsi l'essieu coudé en quatre points.

**Ressorts.** — Les ressorts sont formés de lames d'acier superposées; ils doivent être assez rigides pour que les oscillations du châssis par rapport à l'essieu moteur n'influent pas trop sur la distribution, et pour que les perturbations dont nous avons analysé les causes en parlant des contre-poids attachés aux roues ne donnent pas lieu à des mouvements oscillatoires trop sensibles. Pendant longtemps on se servait d'acier cémenté pour la fabrication des ressorts; on lui préfère maintenant l'acier fondu, qui jouit d'une élasticité et d'une homogénéité beaucoup plus grandes, ce qui permet l'emploi de ressorts composés de neuf feuilles au lieu de quinze à dix-huit.

La figure 604 représente un ressort en acier cémenté avec son mode d'attache sur une longrine de châssis extérieur. Les deux vis à filets opposés qui réunissent deux à deux les quatre étriers

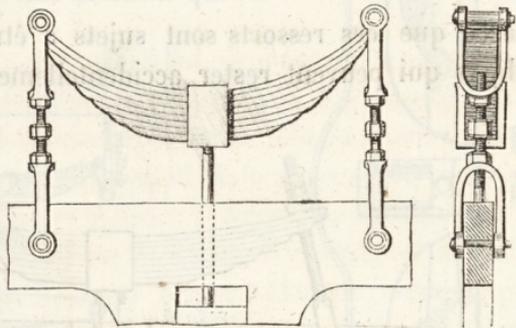


Fig. 604.

de suspension servent à régler la tension du ressort, la tige cylindrique emmanchée dans la *chape* ou *bride* du ressort traverse le bois du châssis et vient presser sur le milieu de la boîte à graisse.

Dans la figure 605 nous avons donné un ressort en acier fondu monté sur châssis intérieur. — Les tiges de traction portent chacune deux écrous qui, dans le système le plus nouveau, représenté figure 606, reposent sur une rondelle. Celle-ci agit à son tour sur un couteau analogue à ceux des balances, refoulé aux deux extrémités de la maîtresse feuille du ressort. La tige de pression est généralement double; ses deux branches sont guidées des deux côtés du longeron au moyen d'étriers.

Quelquefois on place les ressorts sous les boîtes à graisse. On renonce généralement à cette disposition pour les petites roues,

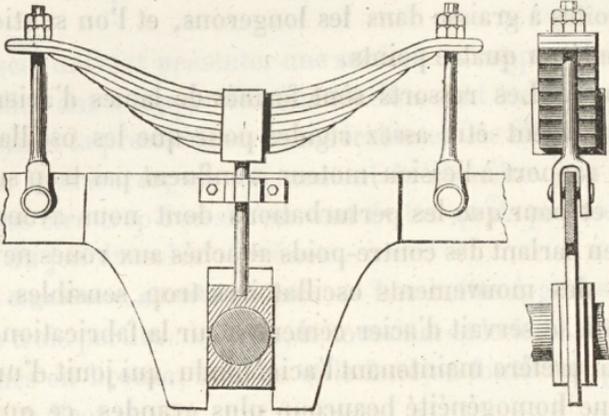


Fig. 605.

parce que ces ressorts sont sujets à être endommagés par des objets qui peuvent rester accidentellement sur la voie.

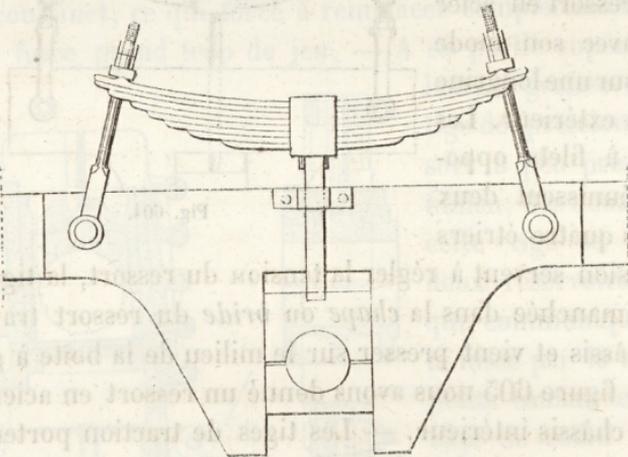


Fig. 606.

On a, dans plusieurs machines de construction récente, remplacé les deux ressorts de l'essieu d'arrière par un ressort unique transversal dont les deux extrémités viennent porter chacune sur une des boîtes à graisse.

Dans l'origine les roues motrices des machines Crampton supportaient l'arrière de la machine par l'intermédiaire d'un ressort transversal unique. Cette disposition, sur plusieurs lignes, est aujourd'hui abandonnée. On pose un ressort pour chaque roue. On a aussi construit quelques machines Crampton suspendues sur trois ressorts seulement; mais ce modèle, plus ingénieux que pratique, n'a obtenu aucun succès.

Quelquefois on fait agir un ressort unique sur deux roues par l'intermédiaire d'un balancier. Les figures 607, 608 et 609 représentent des dispositions de ce genre qui figuraient à l'exposition de Londres, l'une sur une machine de Hawthorn, l'autre sur une machine qui sor-

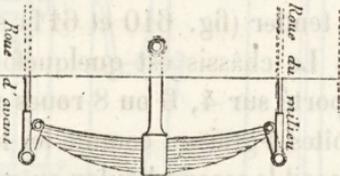


Fig. 607.

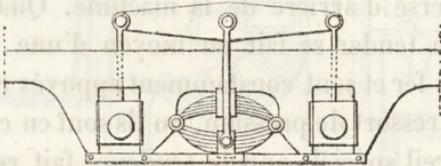


Fig. 608.

tait des ateliers de Seraing. Ces dispositions ont pour but de répartir la pression d'une machine également sur les deux essieux.

Enfin on se sert souvent en Angleterre de compensateurs qui ont pour objet de conserver aux ressorts la même charge. Ces compensateurs, dont l'avantage est cependant incontestable, sont peu usités en France.

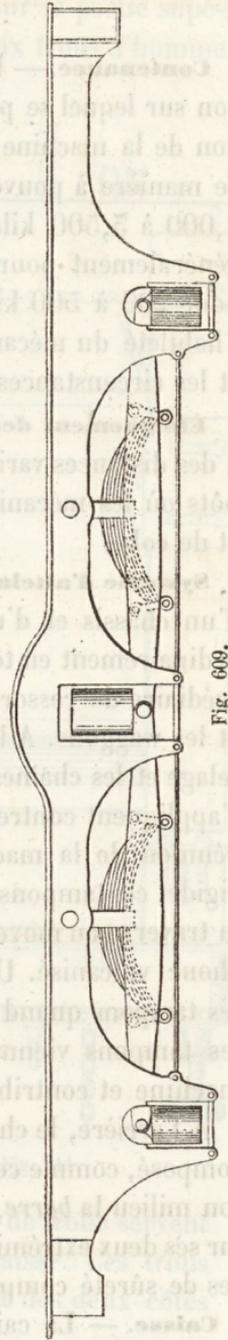


Fig. 609.

## TENDER.

**Contenance.** — Le tender est, comme nous l'avons dit, le fourgon sur lequel se placent l'eau et le coke nécessaires à l'alimentation de la machine en marche. Sa capacité est calculée d'ordinaire de manière à pouvoir contenir de 5,000 à 8,000 litres d'eau et 1,000 à 3,500 kilogrammes de coke. Cette quantité d'eau suffit généralement pour un parcours de 50 à 60 kilomètres, le coke pour 200 à 500 kilomètres suivant le système de la machine et l'habileté du mécanicien, le plus ou moins de vitesse du convoi et les circonstances atmosphériques.

**Éloignement des dépôts.** — On dispose sur les grandes lignes, à des distances variables, indiquées page 177 de ce volume, des dépôts où les mécaniciens peuvent compléter leurs provisions d'eau et de coke.

**Système d'attelage.** — Le tender (fig. 610 et 611) se compose d'un châssis et d'une caisse. Le châssis est quelquefois en bois, ordinairement en tôle. Il est porté sur 4, 6 ou 8 roues par l'intermédiaire de ressorts et de boîtes à graisse, comme les locomotives et les waggons. A l'avant il reçoit le second boulon ou crochet d'attelage et les chaînes de sûreté. Il est muni en outre de tampons qui s'appliquent contre la traverse d'arrière de la machine. Quand la réunion de la machine au tender se fait au moyen d'une barre rigide, ces tampons sont en fer et sont constamment appuyés contre la traverse au moyen d'un ressort de pression, ou ils sont en caoutchouc vulcanisé. Un appareil spécial, appelé *tendeur*, fait reculer les tampons quand on veut atteler. Quand on desserre le tendeur, les tampons viennent presser fortement contre la traverse de la machine et contribuent ainsi à la rigidité du système.

A l'arrière, le châssis est muni d'un système de choc et traction composé, comme celui des waggons, d'un grand ressort qui porte en son milieu la *barre*, le *crochet* et le *tendeur* d'attelage et qui appuie par ses deux extrémités sur les tiges de tampons de choc. Deux chaînes de sûreté complètent le système d'attelage du tender au train.

**Caisse.** — La caisse est en tôle de 5 à 6 millimètres d'épais-

seur ; elle se compose d'un fond sur lequel repose la *caisse à eau* en forme de fer à cheval. Entre les branches et sur la partie supérieure de cette caisse se charge le coke. Un ou deux trous d'homme

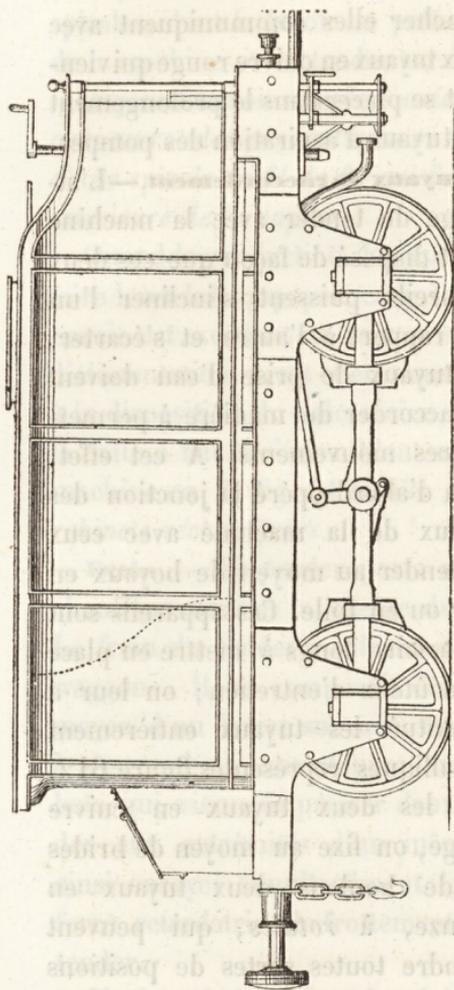


Fig. 610.

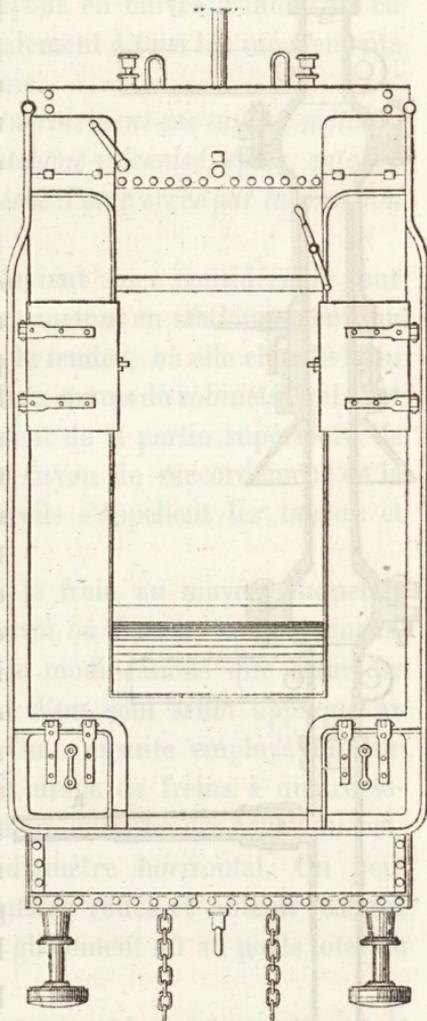


Fig. 611.

garnis de couvercles et de paniers en cuivre percés de trous servent à l'introduction de l'eau et au nettoyage de la caisse. Ces trous sont généralement placés à l'arrière du tender et des deux côtés de sa paroi supérieure.

**Prise d'eau.** — La prise d'eau se fait par le moyen de deux soupapes placées à l'avant de chacune des branches du fer à cheval.

Ces soupapes se manœuvrent au moyen d'une tige à vis depuis la plate-forme du mécanicien; sous le plancher elles communiquent avec deux tuyaux en cuivre rouge qui viennent se placer dans le prolongement des tuyaux d'aspiration des pompes.

**Tuyaux de raccordement.** — L'attelage du tender avec la machine étant disposé de façon que ces deux appareils puissent s'incliner l'un par rapport à l'autre et s'écarter, les tuyaux de prise d'eau doivent se raccorder de manière à permettre ces mouvements. A cet effet, on a d'abord opéré la jonction des tuyaux de la machine avec ceux du tender au moyen de boyaux en cuir ou en toile. Ces appareils sont imparfaits, longs à mettre en place et coûteux d'entretien; on leur a substitué les tuyaux entièrement métalliques représentés figure 612.

Sur les deux tuyaux en cuivre rouge, on fixe au moyen de brides et de boulons deux tuyaux en bronze, à *rotules*, qui peuvent prendre toutes sortes de positions par rapport à la partie fixe de l'appareil. Le tube qui forme le prolongement de la rotule du tender pénètre dans un presse-étoupes placé à l'extrémité de la rotule de la machine. Le couvercle de ce presse-étoupes est en forme d'entonnoir, afin de faciliter l'entrée du tuyau du tender; il doit être dirigé en arrière afin que le sable

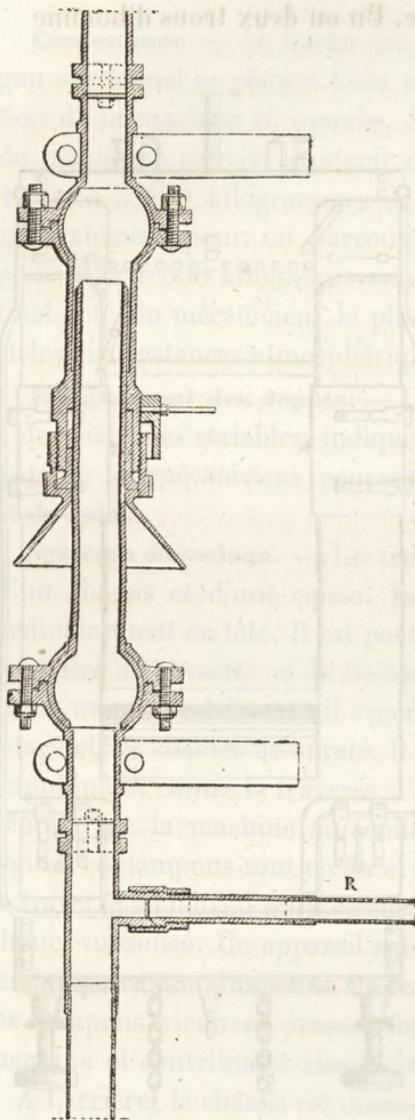


Fig. 612.

Le tube qui forme le prolongement de la rotule du tender pénètre dans un presse-étoupes placé à l'extrémité de la rotule de la machine. Le couvercle de ce presse-étoupes est en forme d'entonnoir, afin de faciliter l'entrée du tuyau du tender; il doit être dirigé en arrière afin que le sable

de la voie ne puisse s'y engouffrer quand la machine marche en avant dans le sens ordinaire de son mouvement.

Les rotules sont coûteuses de construction et d'entretien; M. Polonceau les a remplacées sur quelques machines de Versailles (rive gauche) et d'Orléans par des tuyaux en cuivre, contournés en spirales, dont la forme se prête facilement à tous les mouvements de la machine et du tender sur la voie.

*Aujourd'hui on remplace assez généralement ces tuyaux métalliques ou rotules par un tuyau en caoutchouc vulcanisé, épais, entouré d'une spirale en fil de fer qui l'empêche d'être crevé par la pression intérieure de la vapeur.*

Quand la production de vapeur devient assez considérable pour faire lever les soupapes, ce qui arrive surtout en stationnement, on envoie cet excédant de vapeur dans le tender, où elle chauffe l'eau d'alimentation. A cet effet, deux tuyaux munis de robinets, qui sont à la disposition du mécanicien, partent de la partie supérieure de la boîte à feu et s'assemblent sur le tuyau de raccordement de la machine en R (fig. 612). Ces appareils s'appellent les *tuyaux et robinets réchauffeurs*.

**Frein.** — Le tender porte aussi le frein au moyen duquel le chauffeur modère la vitesse du convoi ou l'arrête complètement. Le frein du tender a subi les mêmes modifications que celui des wagons. Il se composait d'abord d'un seul sabot appliqué au moyen d'un levier sur une roue. On a ensuite employé un frein à deux sabots; maintenant on fait usage de freins à quatre sabots qui viennent presser deux à deux chacune des roues du tender aux extrémités d'un même diamètre horizontal. On peut ainsi enrayer simultanément les quatre roues et obtenir comme force retardatrice le frottement de glissement dû au poids total du tender.

Un bon frein de tender doit être prompt et énergique; on le manœuvre actuellement au moyen de vis à un, deux ou même trois filets, ou au moyen de crémaillères. Ce dernier système nous paraît préférable quand les rapports des engrenages sont convenablement calculés, parce que son action est presque instantanée.

Les auteurs du *Guide du mécanicien* proscrivent l'emploi du

levier, à l'aide duquel le chauffeur ne peut presser les roues avec une énergie suffisante si le tender est lourd.

Ils conseillent un frein du genre de ceux représentés page 269.

Sur le châssis du tender et derrière la caisse on place un grand coffre qui contient des crics, des pinces, des cordages et autres agrès, au moyen desquels on peut parer immédiatement aux accidents qui peuvent survenir pendant la marche d'un train.

Ordinairement le tender porte encore trois ou quatre coffres dans lesquels le mécanicien range ses outils, la graisse, l'huile et autres accessoires qu'il doit emporter avec lui.

Depuis quelque temps on supprime les tenders séparés sur les lignes à petit parcours. A cet effet, on place la caisse du tender sur les longerons de la machine prolongés; puis on modifie la position des roues de cette machine de manière à obtenir une répartition convenable du poids sur les essieux. On loge également des caisses à eau sur la chaudière, ou sous cette chaudière entre les essieux, ou enfin sous la plate-forme qui règne autour de la machine. Nous avons donné précédemment plusieurs dispositions de ces *machines-tenders*.

Quand les rayons des courbes et la force des rails permettent d'adopter cette disposition, elle est très-convenable. Elle supprime, en effet, la portion notable du poids mort représentée par le châssis et les roues et essieux du tender, ainsi que les appareils si compliqués de raccordement des prises d'eau et d'attelage.

**Roues.** — Les roues de tender sont ordinairement semblables aux roues de waggon ou aux petites roues de locomotives. Depuis quelque temps, on fait usage de roues pleines très-légères et très-durables. On pourrait établir de la même manière les petites roues de locomotives.