

CHAPITRE V

TYPES DIVERS DE LOCOMOTIVES

137. Classification des types. — Nous ne voulons pas donner une description complète des divers types si nombreux des locomotives; nous en signalerons seulement quelques-uns. Suivant l'usage, nous classerons ces types d'après le nombre des essieux couplés, en mettant à part les machines-tenders. Nous ne parlerons pas des locomotives à plus de quatre essieux couplés, qui sont rarement employées.

Quelles sont les principales qualités qu'on recherche dans les locomotives et qui permettent de les apprécier et de les comparer entre elles ?

La chaudière donne la mesure de la quantité de vapeur qui peut être produite : par suite, elle détermine la puissance que pourra développer la locomotive, munie d'un mécanisme approprié. Dans la chaudière, c'est l'appareil de combustion surtout qu'il faut bien proportionner, de manière à ce qu'il produise une quantité de chaleur suffisante : avec les dispositions usuelles des foyers, cet appareil est surtout caractérisé par la surface de la grille. Les sections de passage de l'air et des gaz chauds, la disposition de l'échappement ont aussi une grande importance.

Une fois la chaleur produite, il faut l'employer à la vaporisation de l'eau, ce qui exige une surface de chauffe suffisante. Mais comme le poids et la dimension des locomotives sont étroitement limités, s'il faut sacrifier quelque chose, on réduira un peu la surface de chauffe plutôt que le foyer : un peu moins d'économie dans la production de vapeur vaut mieux qu'une insuffisance de production.

Les cylindres sont calculés en relation avec le diamètre des roues motrices, pour que l'effort moteur puisse atteindre une limite déterminée ; la chaudière doit toujours facilement les alimenter ; mieux valent des cylindres un peu trop petits pour la chaudière que trop grands, quitte à détendre un peu moins la vapeur ; on se tirera toujours d'affaire plus facilement dans le premier cas, surtout avec les pressions élevées de vapeur : avec des dimensions exagérées des cylindres la pression est difficile à tenir dans la chaudière, et la machine consomme toujours beaucoup de combustible.

Suivant la grandeur de l'effort développé, le poids adhérent sera

plus ou moins fort : pour les plus grands efforts, donnés par les plus petites roues, l'adhérence est souvent totale ; le poids des approvisionnements est même utilisé, dans les machines-tenders.

La bonne allure de la machine, la facilité de circulation dans les courbes et sur les voies médiocres, le peu d'importance des mouvements parasites, tels que le lacet, le galop, sont des qualités d'un tout autre ordre et qui prennent une extrême importance pour les locomotives destinées à une marche un peu rapide : ce sont ces qualités qui assurent la sécurité, et qui exigent, pour être développées autant que possible, le plus d'habileté de la part des constructeurs de locomotives. Beaucoup de machines, surtout parmi les types anciens, pèchent quelque peu sous ce rapport : une attention toute spéciale à ne pas dépasser les vitesses convenables est alors nécessaire.

Une fois remplies les conditions capitales de production, puis d'emploi de la vapeur, et de stabilité, le constructeur de la locomotive doit chercher à la faire simple, robuste et commode. Il ne doit jamais perdre de vue les conditions du service demandé à ce genre de machines. En donnant aux différentes parties qui la composent des proportions convenables, en évitant avec soin toute complication, en sacrifiant tout organe qui n'est pas indispensable, on réduit les chances d'avaries, on facilite l'entretien et la conduite de la machine. Il convient que la visite, le graissage, le nettoyage en soient aisés ; tous les organes de manœuvre doivent être habilement groupés, pour que les agents les trouvent toujours sous la main ; un bon abri pour le personnel, d'où il puisse surveiller la voie sans que rien gêne la vue, est un complément nécessaire, et, aujourd'hui enfin, indiscuté, de la locomotive. Les tuyaux, exposés à la gelée, avec leurs joints difficilement étanches, et qui enlaidissent les machines, ne doivent pas être inutilement multipliés ; un peu de soin dans l'étude permet de réduire beaucoup ces accessoires encombrants.

Quand toutes ces conditions sont bien remplies, le personnel est à l'aise, le service est facile, les avaries sont rares ; enfin la machine se présente avec l'élégance et la simplicité de formes qui conviennent à l'un des chefs-d'œuvre de la mécanique.

Mais n'oublions pas que la perfection n'est pas de ce monde : si l'on ne doit pas perdre de vue toutes ces qualités lorsqu'on compare les machines, et surtout lorsqu'on en construit de nouvelles, il faut savoir tirer bon parti de celles dont on peut disposer et ne pas trop dédaigner les vieux outils qui nous ont rendu tant de services, même à côté de machines plus puissantes, plus belles et plus commodes.

138. Locomotives à essieux indépendants. — Nous avons dit, au § 14, quelques mots des locomotives à un seul essieu moteur sans accouplement, dites à *essieux indépendants* : le type le plus

connu en France des machines de cette catégorie est celui de l'ingénieur anglais Crampton. Cette machine, qui a eu tant de succès dans notre pays, n'a guère fait de service en Angleterre. La machine Crampton (fig. 235) est remarquable par la simplicité et l'élégance de sa construction : chaque organe paraît bien à sa place et a pu recevoir des dimensions suffisantes pour ne pas s'user rapidement. La position de l'essieu moteur, avec roues de grand diamètre, monté derrière le foyer, a permis de placer très bas la chaudière, disposition à laquelle on n'attache plus aucune importance aujourd'hui.

Malgré son excellent service, on a dû renoncer à la machine Crampton, qui est devenue insuffisante : la grille en est trop petite ; la pression dans la chaudière est trop faible ; les cylindres n'en sont pas assez grands, l'adhérence en est insuffisante, la roue motrice à l'arrière n'étant pas fortement chargée. Par l'addition de masses en fonte à l'arrière et même de lourds moyeux aux roues mêmes, on a augmenté le poids adhérent de certaines machines de ce type. Mais, même avec cette adjonction, elles ne conviennent plus guère aux services actuels.

Crampton avait prévu une chaudière à section ovale, plus puissante que celle qui a été généralement exécutée ; la capacité était ainsi augmentée sans accroître la largeur : des tirants horizontaux maintenaient les deux parties opposées à faible courbure. Le foyer était très long et il s'avancait même un peu en dessous de l'essieu moteur.

On voit encore en service, sur de petits embranchements du réseau de l'Ouest, quelques locomotives du type *Buddicom*, dont l'essieu du milieu est moteur. Le service si prolongé d'anciennes locomotives fait honneur à ceux qui les ont étudiées et qui les ont construites.

En Angleterre, on construit encore des locomotives à essieux indépendants, qui plaisent par leur grande simplicité : la suppression d'un second train de grandes roues et des bielles d'accouplement donne une petite économie dans la construction et dans l'entretien. L'essieu moteur est placé sous le corps cylindrique et il est fortement chargé, le poids sur les rails atteignant 17 et 18 tonnes.

La figure 236 représente l'une de ces locomotives, appartenant au Midland railway, qui figurait à l'Exposition de Paris en 1889 : ce croquis ne donne qu'une idée incomplète de la beauté des formes de cet engin, beauté à laquelle on attache un grand prix en Angleterre, avec raison ; on remarquera seulement l'absence de tout accessoire qui troublerait les lignes générales. Grâce à un excellent entretien et à des nettoyages soigneusement faits, l'aspect de ces machines en service est fort satisfaisant. Par suite de l'élévation de la chaudière et de l'abaissement du tablier, le mouvement *intérieur* de cette machine est aussi facilement accessible que le mouvement *extérieur* de bien des locomotives.

Avec leur forte chaudière, leurs grands cylindres, ces machines à

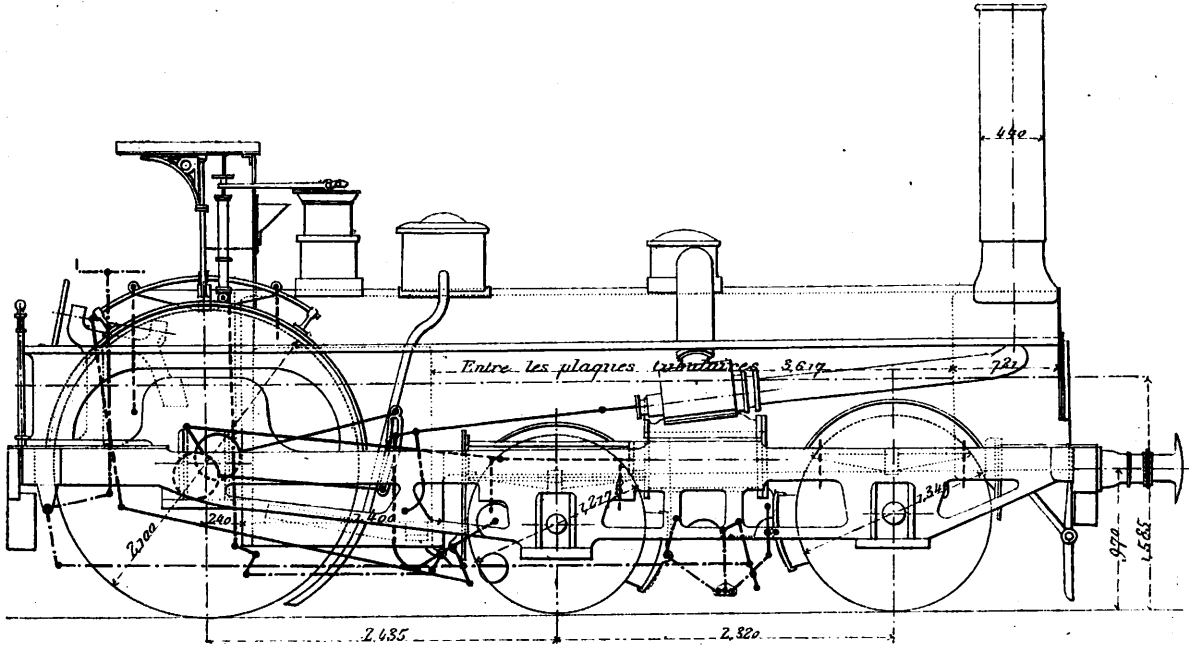


Fig. 235. — Locomotive Crampton.

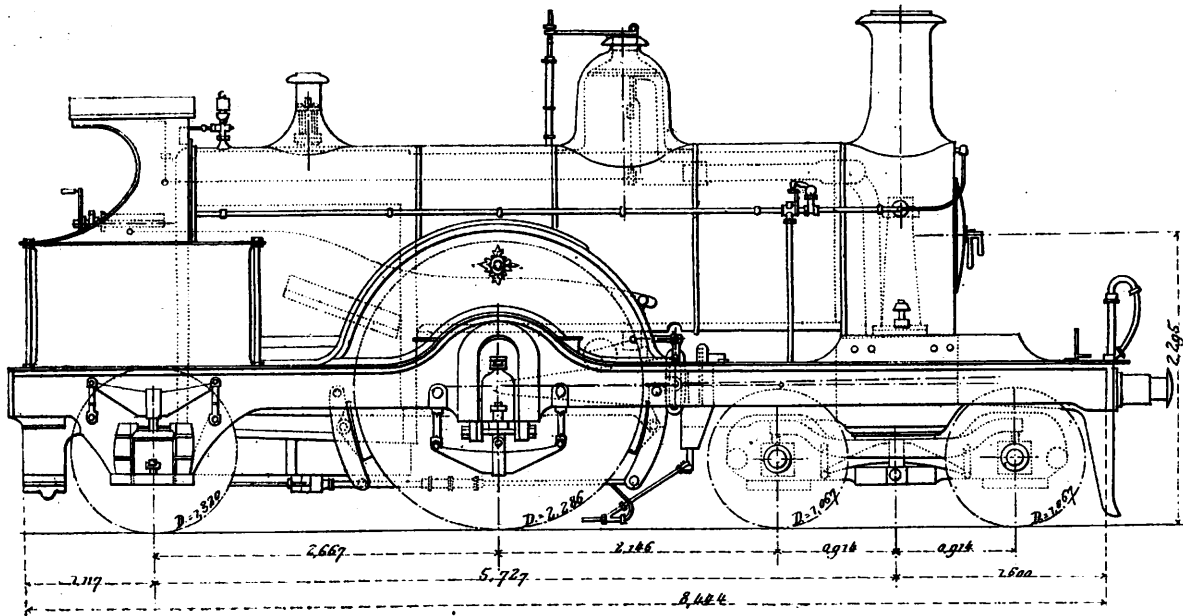


Fig. 236. — Locomotive à essieux indépendants. du Midland railway.

essieux indépendants assurent la remorque des express très rapides à charge moyenne et à rares arrêts, et ce n'est guère qu'aux démarrages qu'on peut sentir leur défaut d'adhérence.

Le diamètre des roues motrices des locomotives à essieux indépendants, destinées au service des trains à grande vitesse, dépasse généralement deux mètres.

139. Locomotives à deux essieux couplés. — L'accouplement de deux essieux est très fréquent pour les locomotives destinées au service des trains de voyageurs. Ces deux essieux sont le plus souvent ceux d'arrière. Le foyer peut descendre entre eux, ou bien s'étendre au-dessus du dernier essieu, ce qui donne une grille plus allongée pour une même longueur de la bielle d'accouplement. La première disposition (fig. 237) est usuelle en Angleterre. On la voit sur les locomotives à bogie de la compagnie de l'Ouest (fig. 237 *bis*). La locomotive belge de la figure 238 nous donne un exemple de la seconde.

L'une et l'autre disposition se retrouvent dans les locomotives américaines (fig. 239). Dans ces machines, les cylindres sont toujours extérieurs; le tiroir est placé au-dessus du cylindre, dans une boîte à vapeur rapportée (fig. 240), et commandé par l'intermédiaire d'un arbre de renvoi, le mécanisme de distribution étant à l'intérieur du châssis. Ce châssis n'est pas construit avec des longerons en tôle découpée, comme en Europe, mais il est composé de grosses barres carrées en fer forgé. L'avant de la machine repose sur un *bogie*. Les tôles de la chaudière sont moins épaisses qu'en Europe, et le foyer est construit en tôles d'acier très minces (8 à 10 mm; 12^{mm},5 pour la plaque tubulaire).

Le personnel de la locomotive est installé dans une cabine très soignée, munie à l'avant et sur les faces latérales de châssis mobiles vitrés. Il y a même à l'arrière, des deux côtés, une fermeture partielle qu'on peut compléter en hiver à l'aide de portières en cuir. Des banquettes recouvertes de coussins règnent sur les côtés de l'abri.

Quelques locomotives américaines portent la cabine du mécanicien à cheval sur la chaudière, vers le milieu de sa longueur, et le chauffeur est seul à l'arrière. Cette séparation du personnel n'est pas recommandable.

Des locomotives du type représenté figure 239 sont employées pour le service des trains rapides entre New-York et Chicago. En vue de ce service pendant l'exposition de 1893, on avait fait une sorte de répétition, le 14 septembre 1893, où les 703 kilomètres qui séparent New-York de Buffalo ont été parcourus en 7 heures 20 minutes : c'est une vitesse commerciale de 96 kilomètres à l'heure. En déduisant 15 minutes d'arrêts, dont 8 pour un chauffage, la vitesse moyenne de marche a été de 99 kilomètres à l'heure. Trois locomotives, chacune du poids de 90 tonnes avec le tender, ont successivement remorqué le train, dont les voitures pesaient 117 tonnes. La ligne est presque de niveau

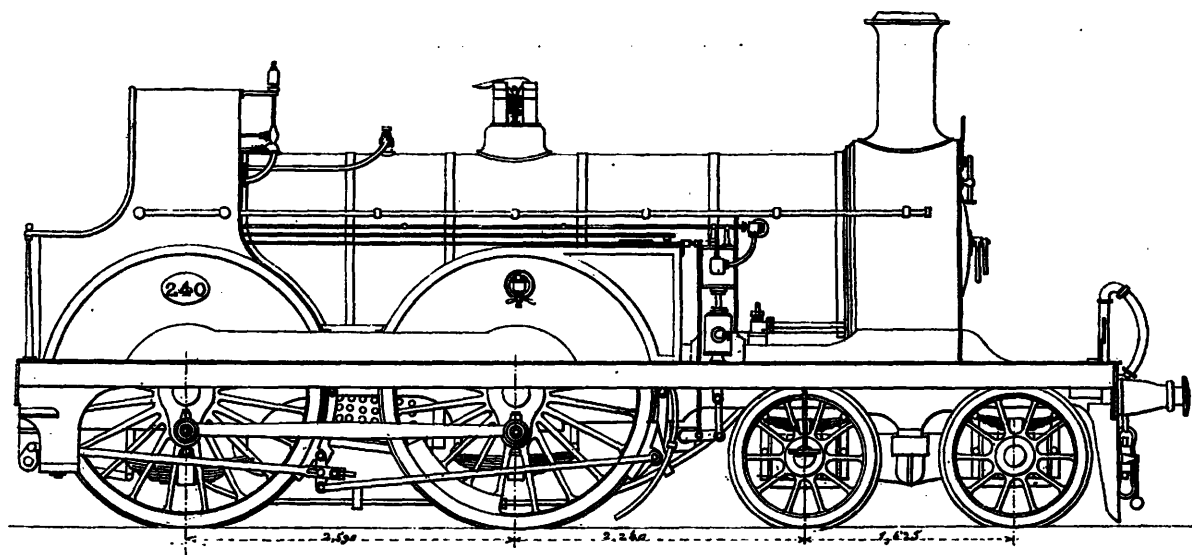


Fig. 237. — Locomotive à toyer entre deux essieux couplés, du South Eastern railway.

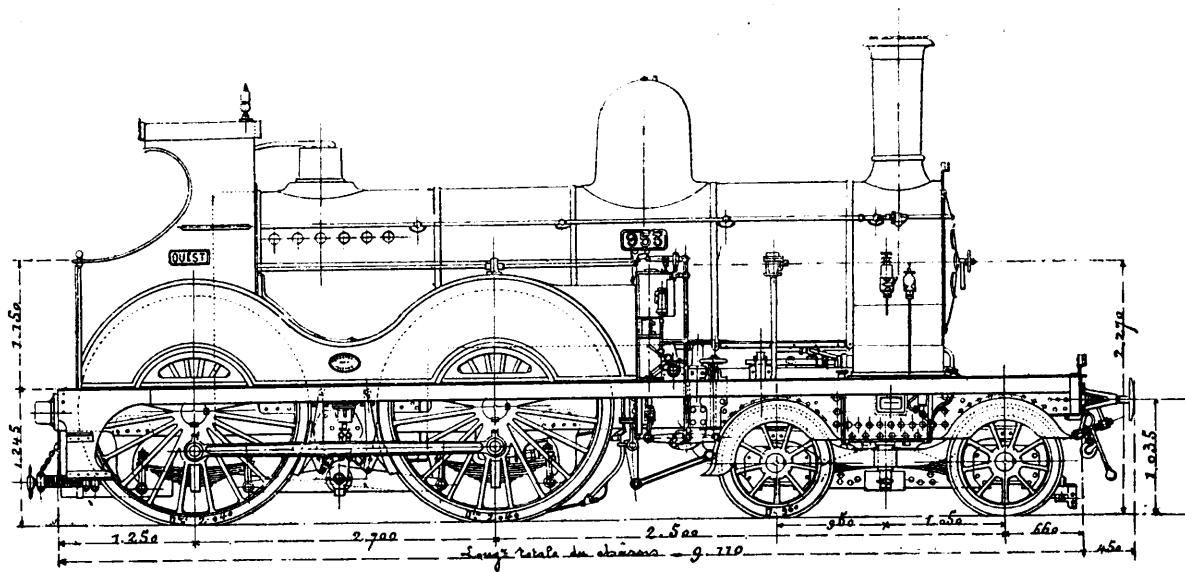


Fig. 237 bis. — Locomotive à deux essieux couplés et à bogie de la compagnie de l'Ouest.

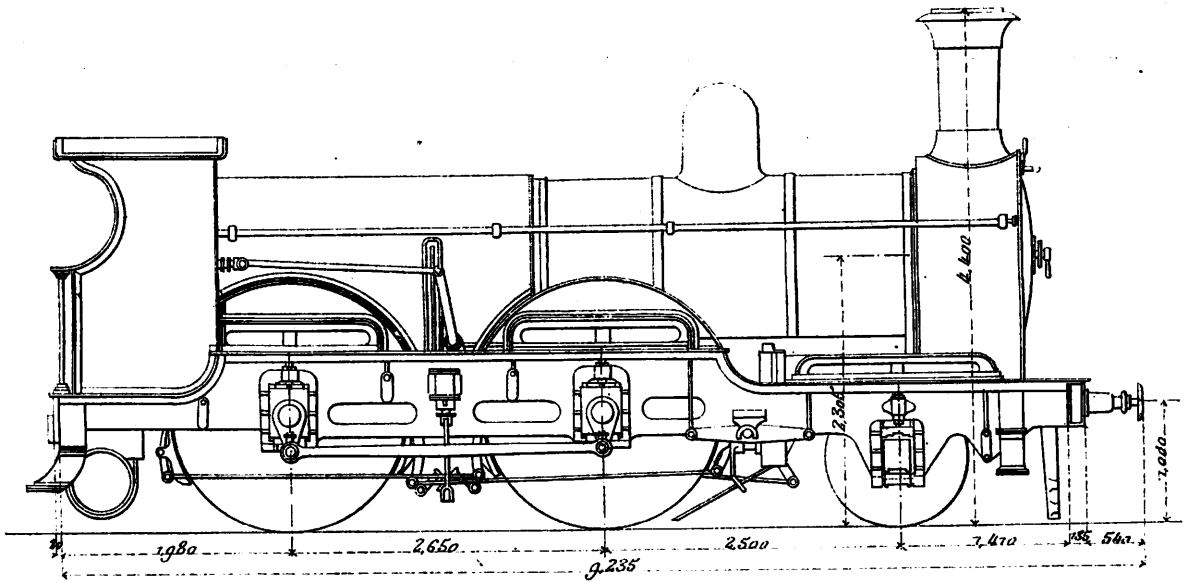


Fig. 238. — Locomotive à deux essieux couplés, avec foyer au-dessus de l'essieu d'arrière, de l'Etat belge.

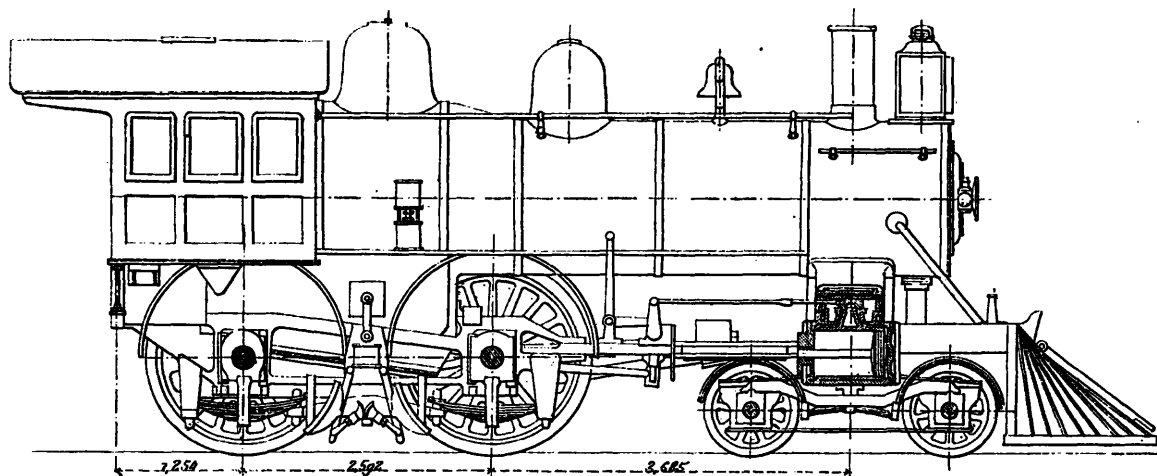


Fig. 239. — Locomotive américaine à deux essieux couplés, du New-York central and Hudson river railroad.

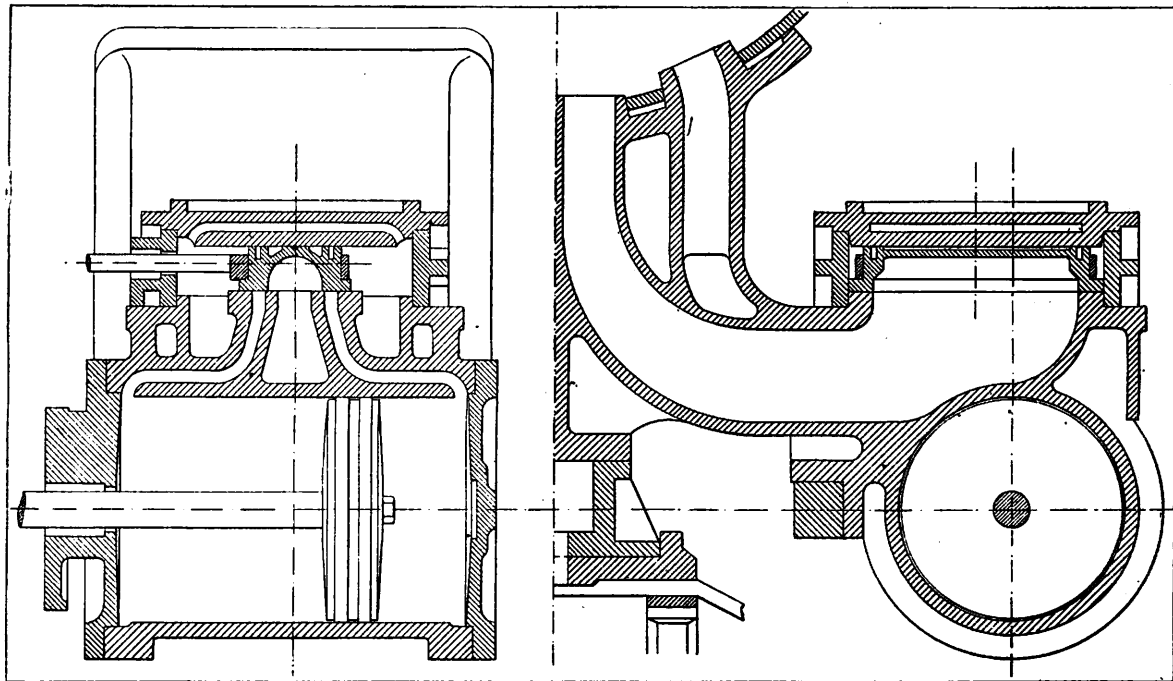


Fig. 240. — Cylindre de locomotive américaine.

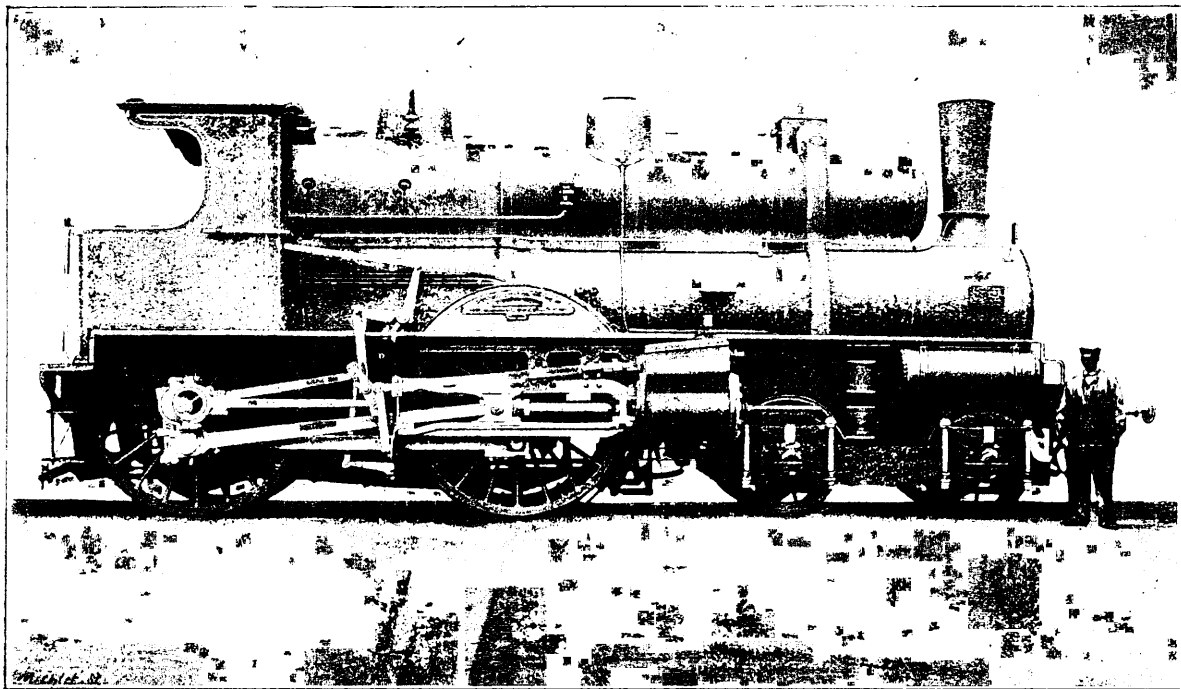


Fig. 241. — Locomotive à deux essieux couplés, de la compagnie de l'Est.

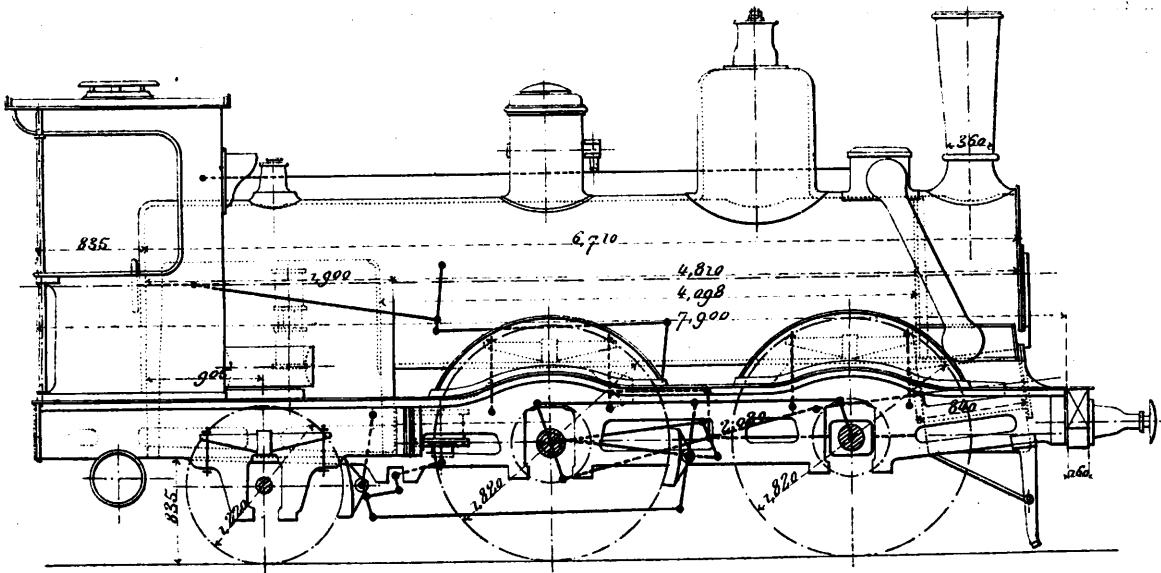


Fig. 242. — Locomotive à deux essieux couplés à l'avant, de la compagnie de l'Est.

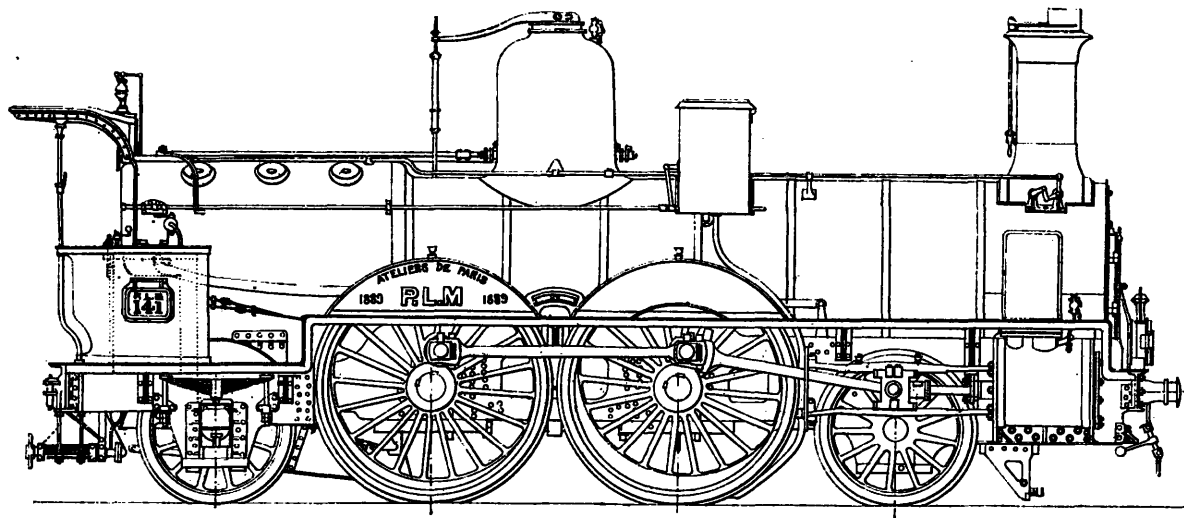


Fig. 243. — Locomotive à deux essieux couplés, de la compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée.

sur tout le parcours, sauf une courte rampe de 17 mm par mètre et quelques déclivités de 4 mm.

Dans la classe de locomotives qui nous occupe, le diamètre des roues couplées varie beaucoup; mais il ne descend qu'exceptionnellement au-dessous de 1^m,500, parce qu'avec de trop petites roues l'adhérence ne suffit plus pour l'effort de traction. Le plus souvent, le diamètre se tient entre 1^m,700 et 2^m,100.

L'essieu moteur, ou directement commandé par les cylindres, est presque toujours le second à partir de l'arrière; les cylindres sont soit extérieurs, soit intérieurs. Quelquefois, comme sur les locomotives de la compagnie de l'Est, les cylindres extérieurs attaquent l'essieu d'arrière: la figure 241 représente les dernières machines de ce type, munies de la grande chaudière à deux corps étudiée par M. Flaman.

L'avant de la machine peut reposer sur un seul *essieu porteur*, comme on le voit sur les figures 238 et 244; mais on préfère aujourd'hui le *bogie* des Américains, qui fatigue moins la voie et se prête mieux au passage des courbes.

Certaines locomotives, destinées au service des trains à moyenne vitesse, ont les deux essieux d'avant accouplés; ils sont placés sous le corps cylindrique et commandés par des cylindres intérieurs inclinés (fig. 242): un essieu porteur passe sous le foyer ou derrière le foyer. La construction de ce type est simple, et les essieux à grandes roues s'y montent plus facilement qu'à l'arrière. Tant que la marche n'est pas très rapide, et que les essieux ne sont pas trop lourdement chargés, la présence des grandes roues accouplées à l'avant ne paraît pas fatiguer la voie outre mesure.

Dans le type des chemins de fer d'Orléans et de Lyon (fig. 243), les deux essieux couplés sont placés sous le corps cylindrique, avec un essieu porteur à chaque extrémité: cette disposition, qui souvent allonge le corps cylindrique plus qu'il n'est nécessaire, n'est plus en grande faveur aujourd'hui; si l'on a deux essieux porteurs, il vaut mieux les réunir dans un bogie à l'avant de la machine.

On a transformé de la sorte un certain nombre de locomotives du type de la figure 243, en raccourcissant la chaudière, munie de tubes à ailettes et en plaçant le foyer entre les deux essieux accouplés, dont l'écartement a été porté à 2^m,970.

Avec la disposition *compound*, si l'on n'a que deux cylindres, ils prennent la place des deux cylindres égaux, soit intérieurs, soit extérieurs: seulement dans l'une et l'autre disposition, il est souvent difficile ou impossible de loger le grand cylindre, quand on veut lui donner une dimension suffisante. C'est pour ce motif, et aussi pour avoir une machine symétrique sur les deux côtés et pour réduire l'effort produit par chaque piston, qu'on a porté à trois et à quatre le nombre des cylindres: dans la machine de l'ingénieur anglais Webb (fig. 244), le cylindre à haute pression est divisé en deux petits cylindres, qui attaquent l'essieu d'arrière; le cylindre à basse pression,

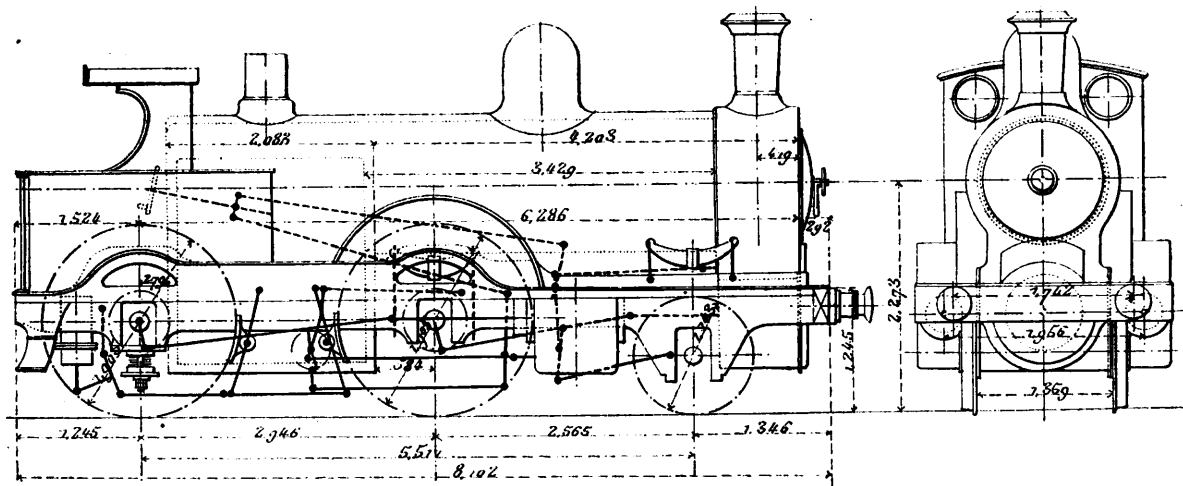


Fig. 244. — Locomotive compound de Webb, à trois cylindres : deux cylindres à haute pression attaquent l'essieu d'arrière, et un cylindre à basse pression, l'essieu du milieu. Les deux essieux moteurs ne sont pas couplés.

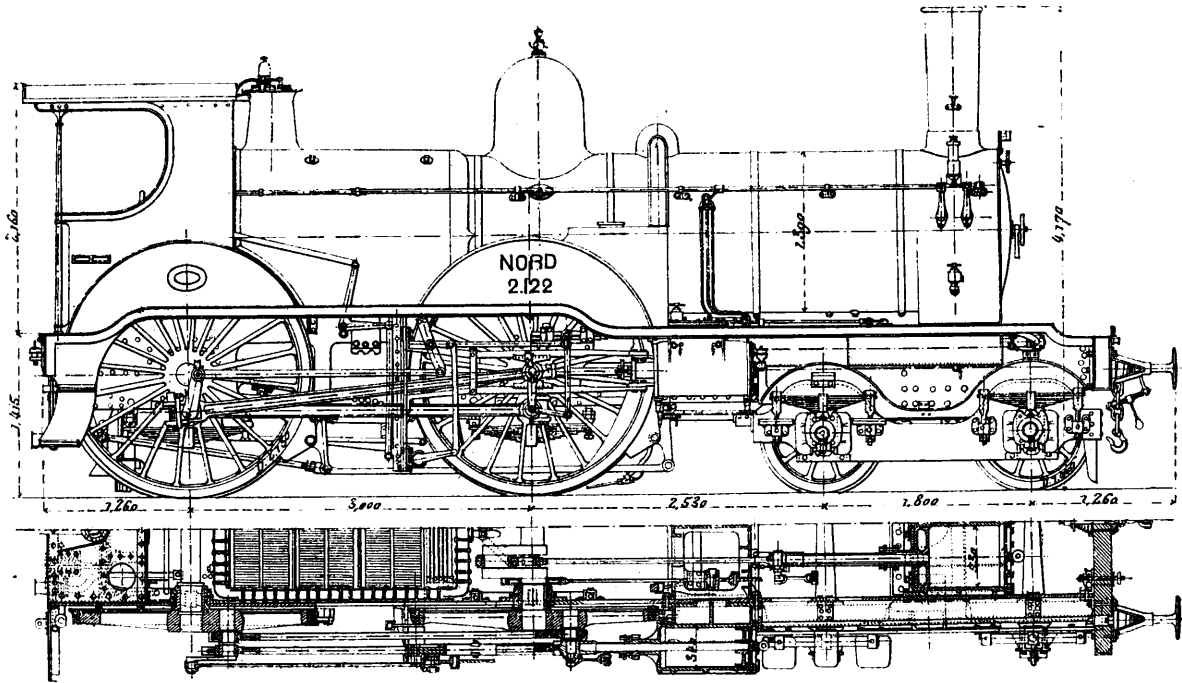


Fig. 215. — Locomotive compound à quatre cylindres, de la Société Alsacienne de constructions mécaniques.

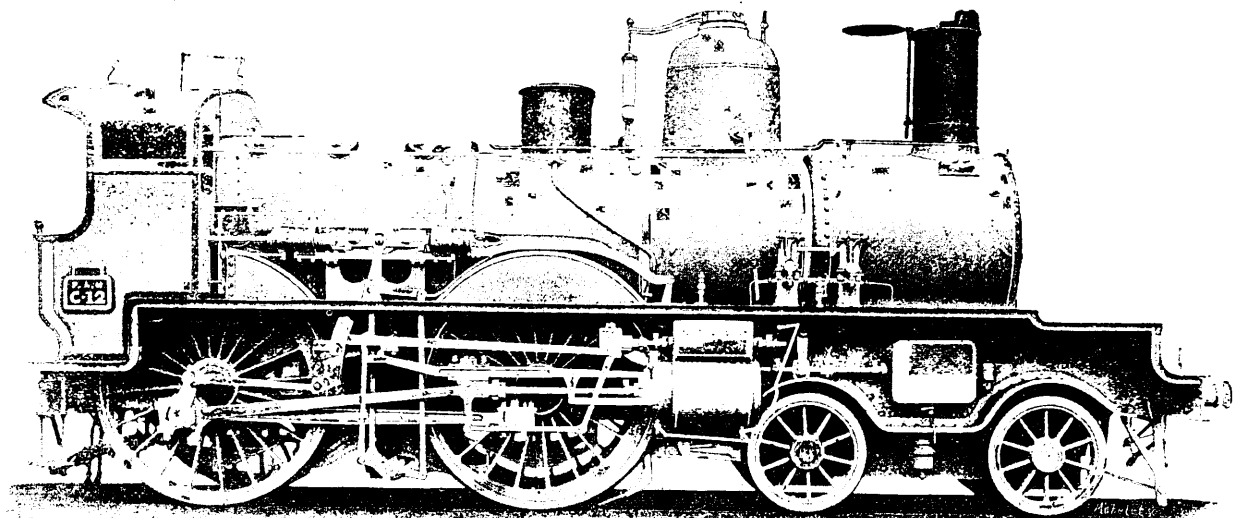


Fig. 245 bis. — Locomotive compound à quatre cylindres et à bogie, de la compagnie de Lyon.

unique et placé sous la boîte à fumée, commande l'essieu du milieu; l'accouplement des deux essieux a été supprimé. Admettant trois cylindres, il semble préférable de diviser en deux le plus gros, c'est-à-dire le cylindre à basse pression, et non le plus petit.

Une locomotive de ce type est en service sur le réseau de l'Ouest depuis l'année 1884.

Dans la machine construite par la Société Alsacienne pour la compagnie du Nord (fig. 245), il y a quatre cylindres : deux cylindres à haute pression, extérieurs, commandent l'essieu d'arrière, et deux cylindres intérieurs, à basse pression, actionnent l'autre essieu moteur. L'accouplement des essieux a été conservé sur ces machines.

Les locomotives à grande vitesse des chemins de fer de Lyon, dont la figure 245 bis donne la vue extérieure, présentent des dispositions analogues; on voit, sur la figure, le changement de marche avec ses cylindres à vapeur et à huile, les deux graisseurs mécaniques, et le mécanisme extérieur, avec sa distribution Walschaert. Les dimensions principales de ces machines sont les suivantes :

Surface de grille.	2 ^m 2, 32
Surface de chauffe du foyer.	10 , 42
— des tubes à ailettes, à l'intérieur.	137 , 38
Longueur des tubes	3 ^m
Diamètre intérieur des tubes.	62 ^{mm} , 5
Timbre de la chaudière	15 ^{kg} ,
Diamètre des cylindres à haute pression (intérieurs)	340 ^{mm} ,
Diamètre des cylindres à basse pression (extérieurs)	340
Course des pistons.	620
Diamètre des roues motrices	2 ^m
Poids de la machine à vide.	44.660 ^{kg}
— en service.	47.900

140. Locomotives à trois essieux couplés. — L'accouplement de trois essieux est des plus fréquents pour les machines destinées à remorquer les trains de marchandises à marche moyenne et les trains de voyageurs dont la vitesse n'est pas très grande. Sous leur forme la plus simple, ces machines n'ont pas d'autres essieux, et elles ont une *adhérence totale*; les cylindres sont extérieurs (fig. 246 et 246 bis) ou intérieurs (fig. 247 et 248); dans le premier cas, ils sont nécessairement en avant des roues du premier essieu; dans le second cas, il suffit qu'ils soient en avant de l'essieu, ce qui diminue le *porte à faux*; leur axe est alors incliné. Le foyer peut être en *porte à faux* à l'arrière du dernier essieu (fig. 246 et 247), ou bien posé au-dessus de cet essieu, ce qui est préférable, pour peu qu'on veuille donner à la grille une dimension un peu grande (fig. 248), ou enfin en avant du dernier essieu.

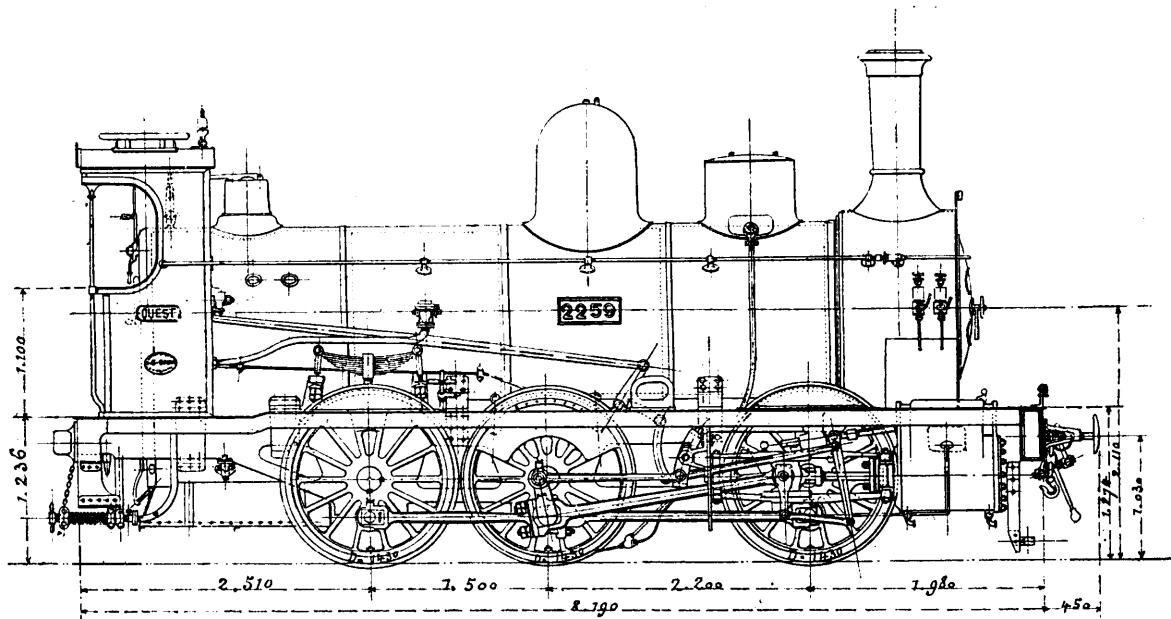


Fig. 246 bis. — Locomotive à trois essieux couplés de la compagnie de l'Ouest.

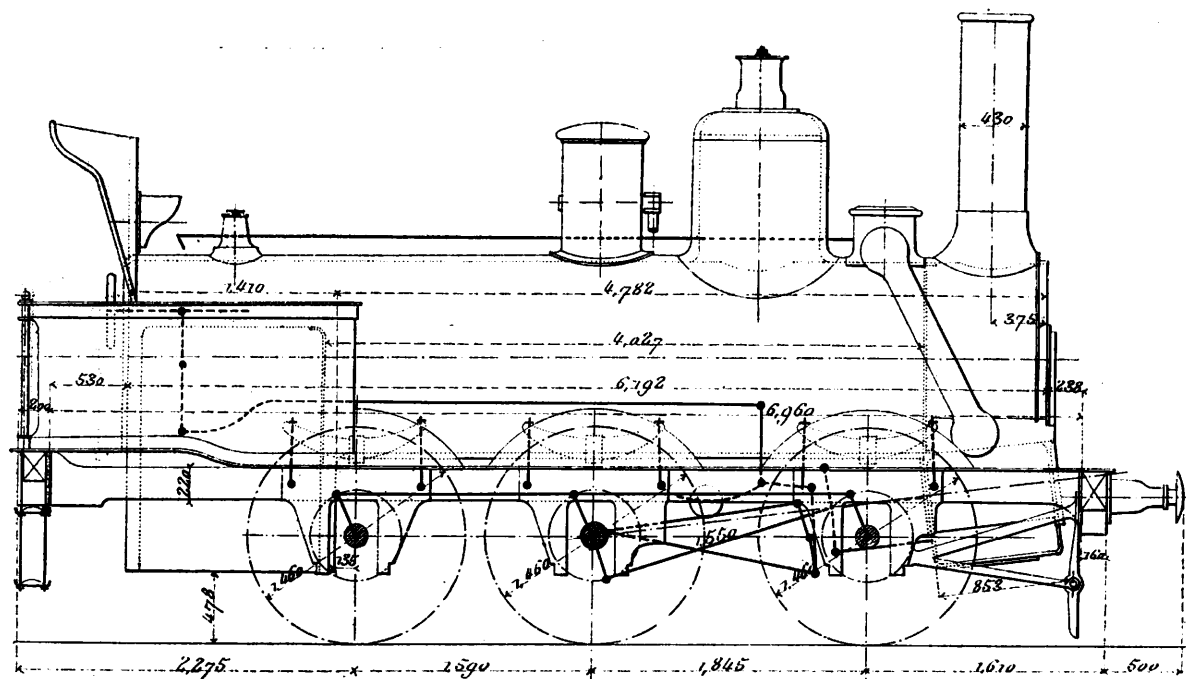


Fig. 247. — Locomotive de la compagnie de l'Est, à trois essieux couplés, et à cylindres intérieurs.

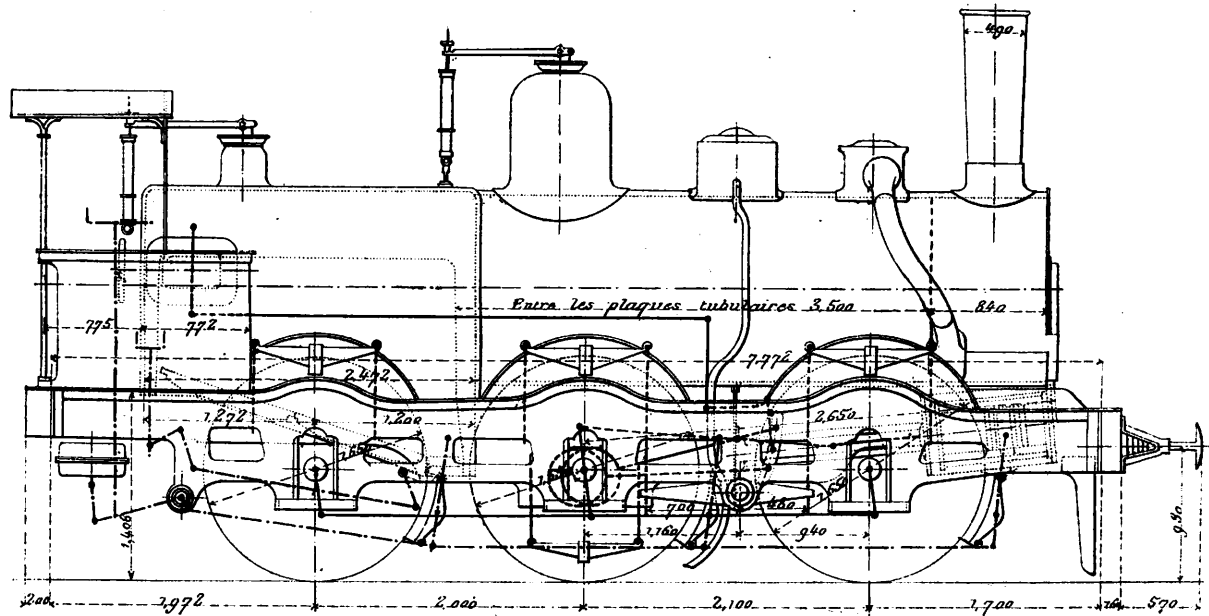


Fig. 248. — Locomotive de la compagnie du Nord, à trois essieux couplés, à cylindres intérieurs et longerons extérieurs.

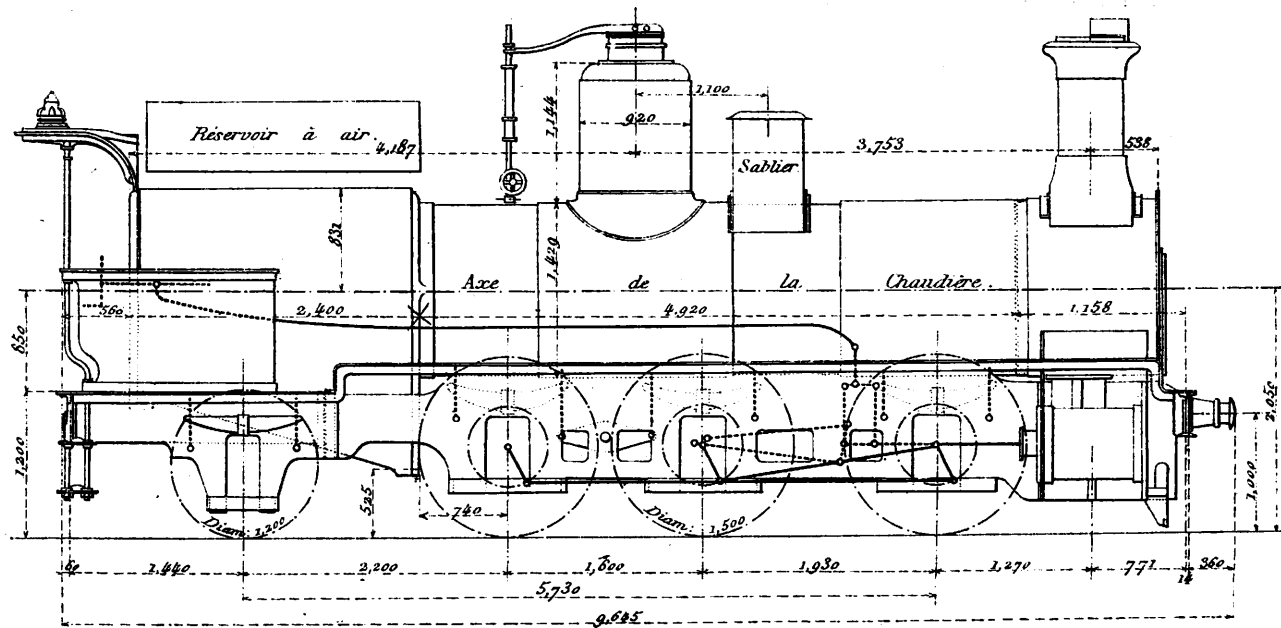


Fig. 248 bis. — Locomotives nos 3001 à 3040 de la compagnie de Lyon, à trois essieux couplés.

De telles locomotives peuvent être *compound*, comme les numéros 1002 et 1003 de la compagnie de l'Est (fig. 191 à 193.)

Pour rendre ces machines plus stables et plus douces à la voie, on les munit parfois d'un essieu porteur à l'avant, avec articulation Bissel ou autre (voir § 136) ; telle est la disposition américaine, où nous retrouvons les autres points caractéristiques indiqués au paragraphe précédent. L'essieu porteur est quelquefois à l'arrière sous le foyer comme dans les puissantes machines nos 3001 à 3040 de la compagnie de Lyon (fig. 248 *bis*).

141. Locomotives à quatre essieux couplés. — Pour faire le service des fortes rampes ou pour remorquer les grands trains de marchandises en plaine, les machines doivent exercer un effort de traction considérable : on est conduit alors à faire porter la machine sur quatre essieux avec roues de petit diamètre (1^m, 200 environ), toutes accouplées. Les cylindres sont alors presque toujours à l'extérieur.

Telles sont les locomotives de la compagnie de l'Est dites *Engerth* (fig. 249), bien que cette désignation ne soit plus exacte : les machines de l'ingénieur autrichien Engerth étaient caractérisées, non par l'accouplement de quatre essieux de la locomotive, mais par la liaison du tender à la locomotive et par la transmission du mouvement aux essieux du tender, dont on utilisait le poids pour l'adhérence : cette transmission se faisait au moyen d'engrenages.

L'idée d'employer pour l'adhérence, dans des machines où elle est souvent insuffisante, le poids du tender, qu'on est obligé de remorquer, est logique ; mais la complication qu'entraîne la réalisation de cette idée logique, les difficultés et les dépenses d'entretien qui en résultent, ont fait renoncer aux dispositions d'Engerth. Avant tout, il faut que la locomotive soit simple, et tout ce qui la complique beaucoup, sans être indispensable, finit par disparaître.

Nous avons décrit au § 122 *bis* les puissantes locomotives à quatre essieux couplés, récemment mises en service par la compagnie du chemin de fer de Lyon. Ces machines, du système *compound* à quatre cylindres, avec roues de 1^m,500, peuvent remorquer de forts trains de marchandises à une vitesse accélérée.

142. Locomotives à tender moteur. — La remarque faite dans le paragraphe précédent s'applique aux locomotives à tender moteur, qui ont été essayées sur le réseau de l'Est : le tender portait deux cylindres avec mécanisme complet, et les roues en étaient accouplées ; c'est la chaudière de la locomotive qui fournissait la vapeur aux cylindres du tender (fig. 250). On avait en somme deux locomotives avec une seule chaudière, qui risquait fort d'être insuffisante ; en outre, les joints du tuyau de vapeur entre la locomotive et le tender étaient difficiles à tenir en bon état. On se rend compte aisément du prix élevé de la construction et des dépenses considérables d'entretien d'un pareil système,

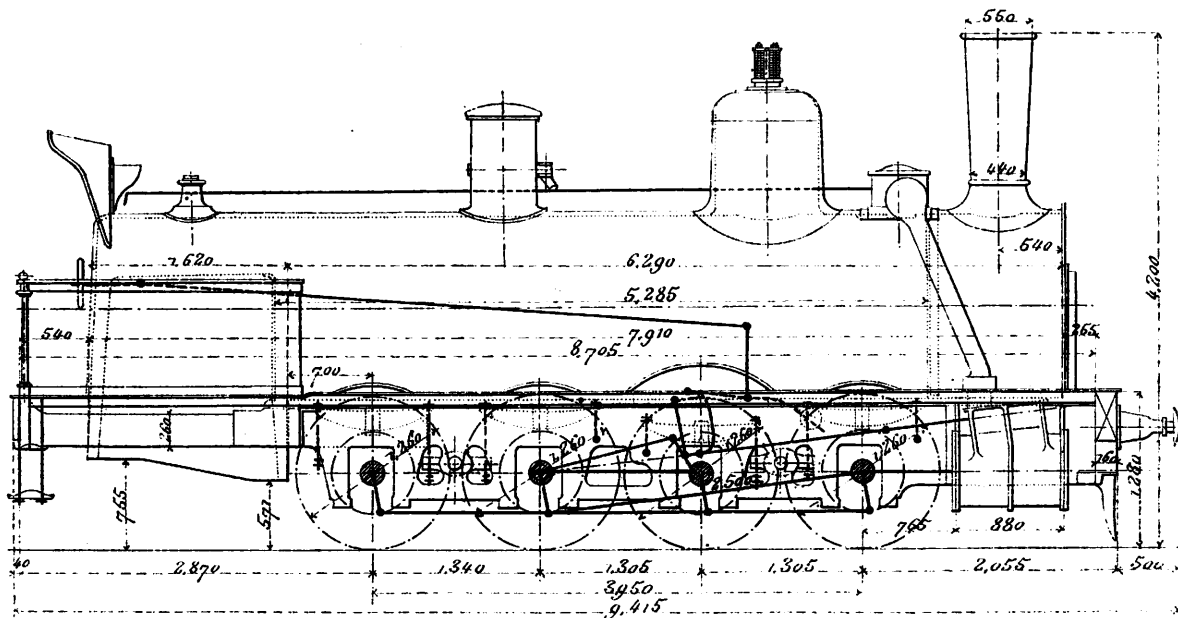


Fig. 249. — Locomotive de la compagnie de l'Est, à quatre essieux couplés.

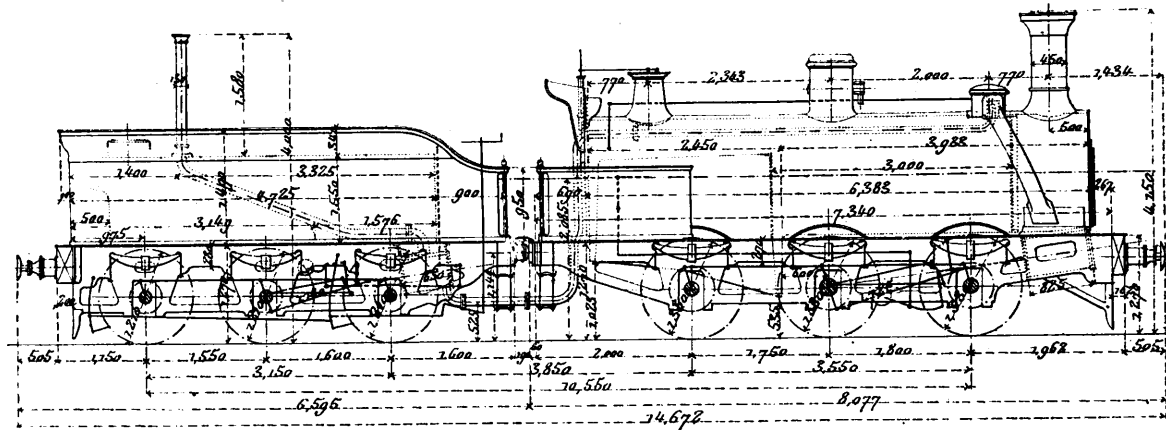


Fig. 250. — Ancienne locomotive à tender moteur, de la compagnie de l'Est.

sans parler de la peine supplémentaire imposée au personnel, dépenses et peine que les maigres résultats obtenus ne justifiaient pas.

143. Machines-tenders. — La suppression du tender, qui est possible en faisant porter à la locomotive ses approvisionnements d'eau et de combustible, offre d'importants avantages : débarrassée de ce véhicule supplémentaire, la machine est plus courte et plus compacte, ce qui est commode pour les manœuvres dans les gares ; elle peut être facilement disposée de manière à circuler aussi bien dans un sens que dans l'autre, quelle que soit sa vitesse, ce qui est précieux pour les services d'embranchement et de banlieue ; ou bien, si l'on ne profite pas de cette facilité, la machine, grâce à son peu de longueur, trouve souvent des plaques qui peuvent la tourner ; le poids total est réduit par suite de la suppression du tender, ce qui a une importance capitale sur les fortes rampes ; de plus, ce poids total peut être utilisé pour l'adhérence.

La difficulté de faire porter par une machine-tender des quantités suffisantes d'eau et de combustible empêche souvent de les employer, malgré ces avantages. En outre, les soutes latérales, pour peu qu'elles soient un peu grandes, rendent peu commode l'accès du mécanisme, s'il est intérieur : cependant cette gêne est parfois acceptée, notamment dans les machines-tenders des compagnies de l'Est et de l'Ouest.

Les figures 251 et 252 représentent des machines-tenders, destinées surtout au service des trains de banlieue. La figure 251 est la locomotive de la compagnie de l'Ouest, à trois essieux accouplés ; c'est une machine puissante, fort compacte, d'un aspect élégant, dont le poids est modéré ; l'ancienne machine de la même compagnie avait deux essieux couplés et un essieu porteur. La figure 252 est la puissante machine de la compagnie de l'Est, avec trois essieux couplés et un essieu porteur à l'arrière. En Angleterre, on fait un fréquent usage de machines avec deux essieux couplés à l'avant, sous le corps cylindrique, et un bogie en arrière du foyer : cette disposition donne beaucoup de place pour les approvisionnements, mais en allongeant quelque peu la machine. Ces locomotives ont des cylindres intérieurs. D'autres machines anglaises de banlieue ont deux essieux couplés avec un essieu porteur à chaque bout.

La figure 253 représente une forte machine-tender, à quatre essieux couplés, qui fait le service des marchandises sur la ligne de Ceinture, à Paris.

Comme exemple de très puissante locomotive de montagne, nous donnons (fig. 254) le croquis de la machine compound, du système Mallet, construite pour la ligne du Saint-Gothard. Cette ligne présente des rampes de 20 à 26 millimètres par mètre, sur une longueur de 30 à 40 kilomètres, de chaque côté du grand tunnel de 15 kilomètres. La machine porte sur deux groupes de trois essieux couplés, chacun commandé par une paire de cylindres : la vapeur travaille d'abord dans deux cylindres à haute pression, commandant l'un des groupes,

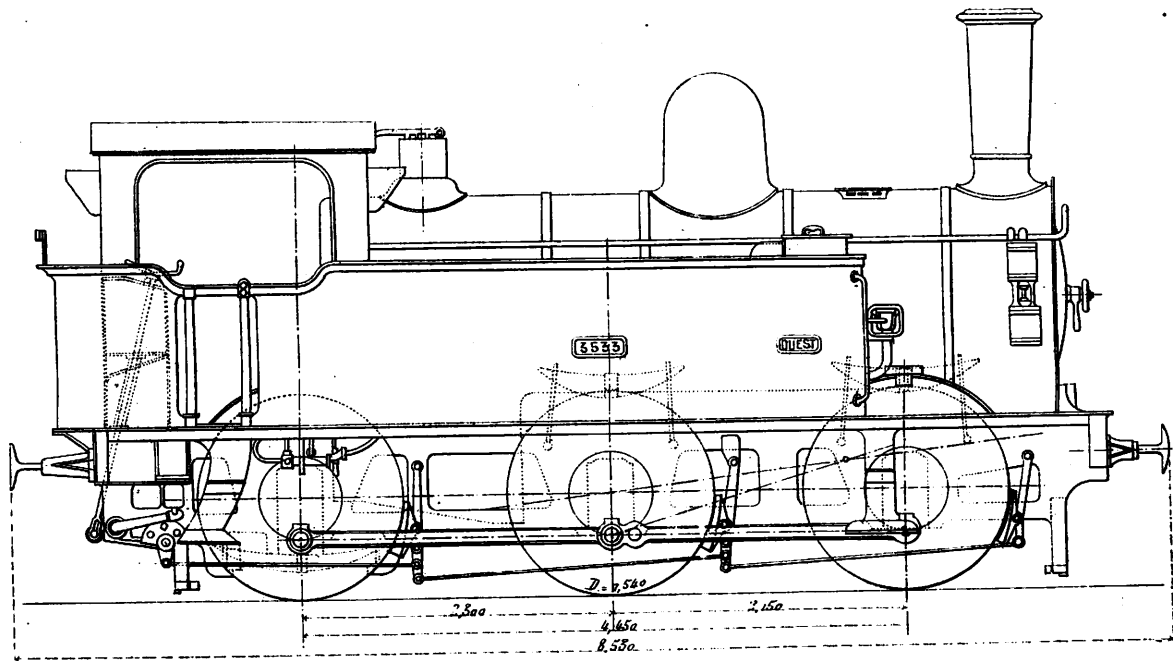


Fig. 251. — Locomotive-tender de la compagnie de l'Ouest, à trois essieux couplés.
 (Les plus récentes machines de ce type ont des balanciers qui conjuguent les ressorts des deux premiers essieux.)

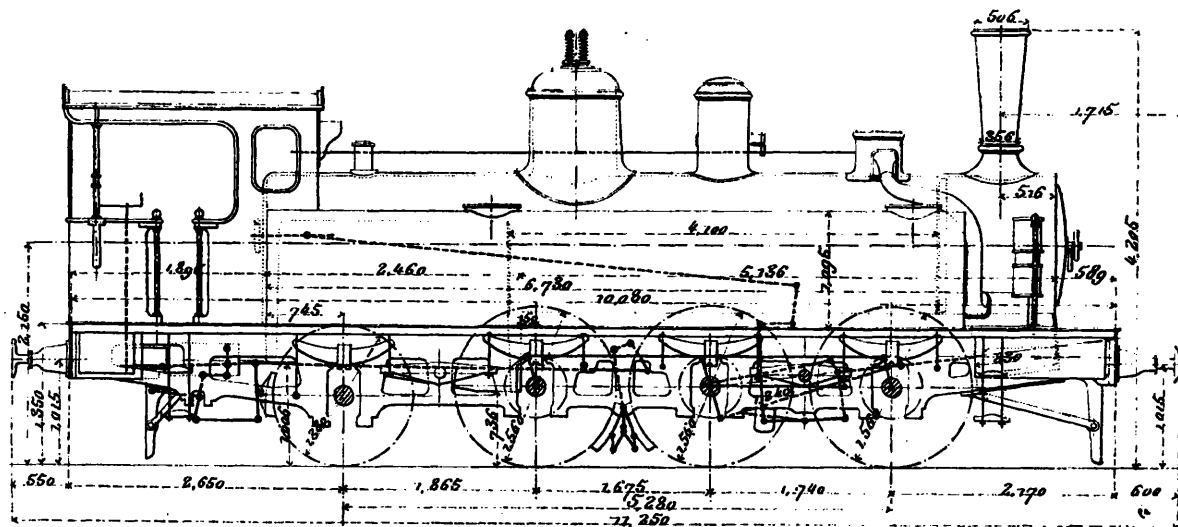


Fig. 252. — Locomotive-tender de la compagnie de l'Est.

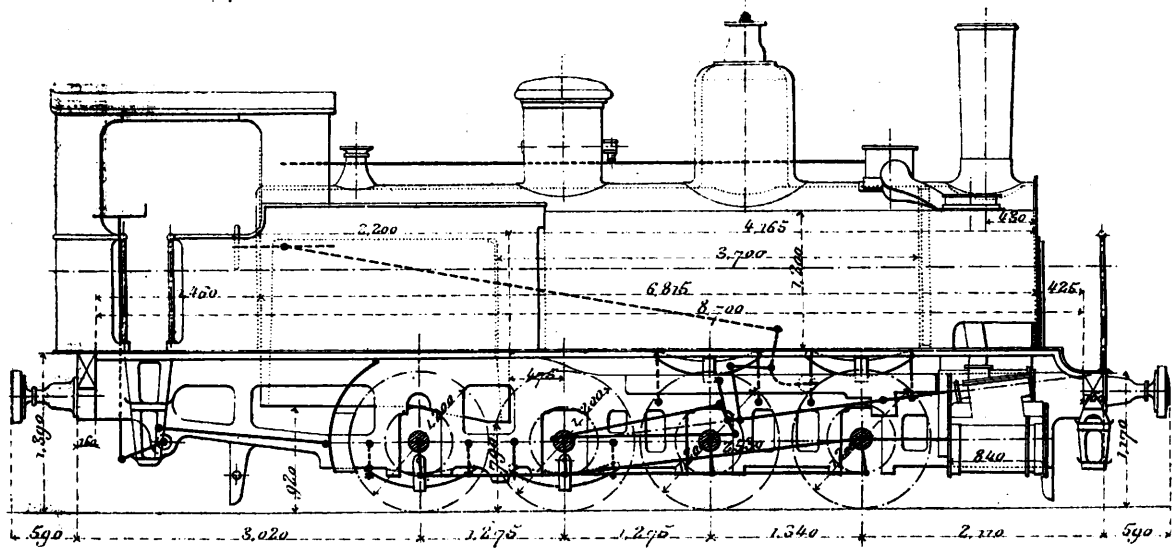


Fig. 253. — Locomotive-tender, à quatre essieux couplés.

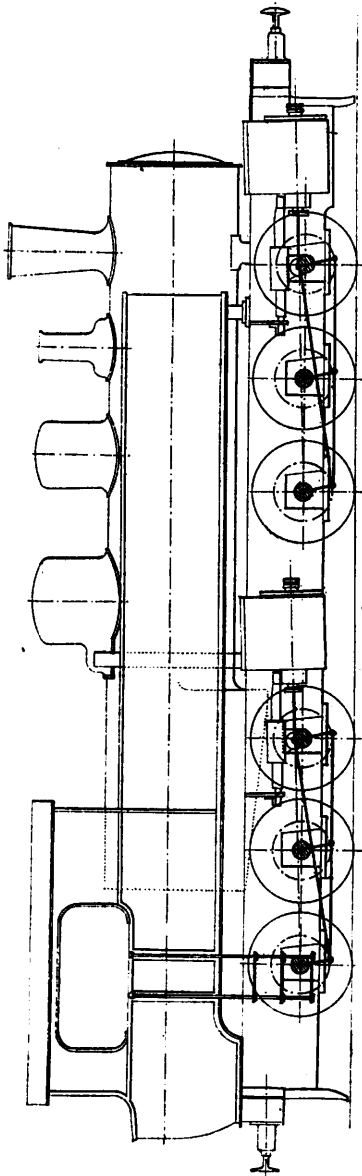


Fig. 254. — Locomotive compound Mallet, à quatre cylindres.

puis dans deux cylindres à basse pression, montés sur l'autre groupe. Des articulations convenables permettent le passage facile dans les courbes. Le poids de la machine garnie, avec 5 tonnes de combustible et 8 mètres cubes d'eau dans les soutes, est de 85 tonnes.

144. Machine de gare. —

La machine de gare, qui peut facilement renouveler ses approvisionnements, est généralement sans tender. Elle a de petites roues, car on lui demande un grand effort de traction, sans vitesse. Comme on en manœuvre incessamment le régulateur et le changement de marche, il convient que ces manœuvres soient faciles et rapides : c'est pourquoi on préfère souvent le levier de changement de marche à la vis pour ces machines. Le frein doit aussi s'appliquer facilement : le plus simple et le plus commode est de faire serrer les sabots au moyen d'un cylindre, où l'on envoie la vapeur en ouvrant un robinet. La figure 255 représente une machine de gare de la compagnie de l'Est.

145. Locomotives pour voie étroite. — La voie qu'on appelle normale a une largeur d'environ 1^m,500, comptée d'axe en axe des rails. Mais on construit aujourd'hui beaucoup de

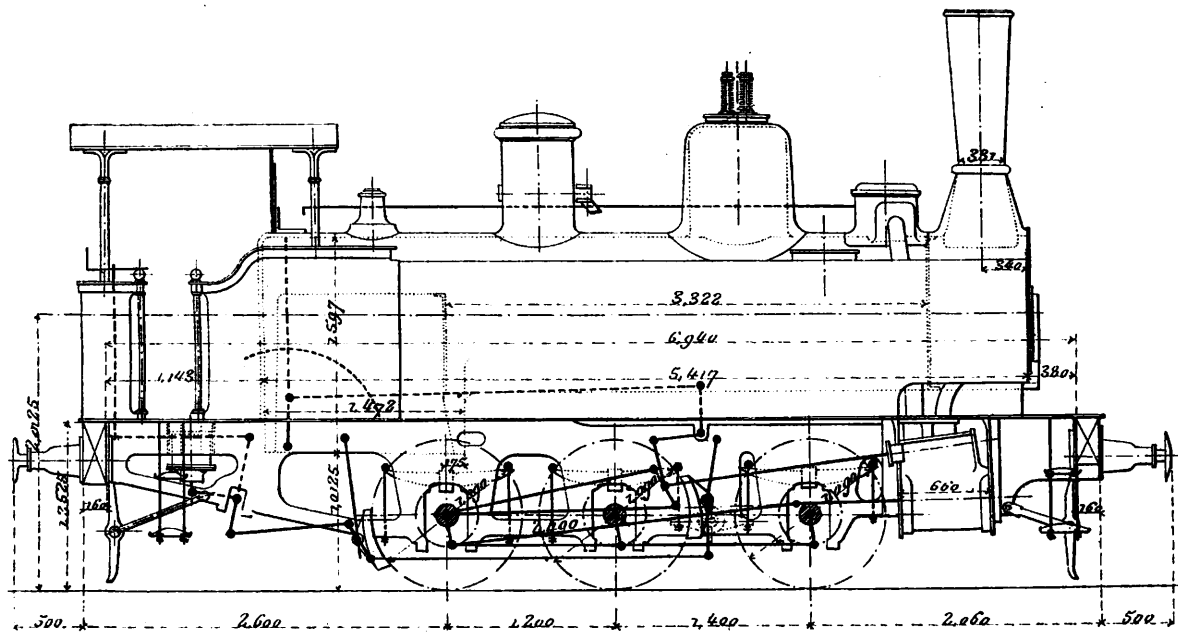


Fig. 255. — Machine de gare de la compagnie de l'Est.

chemins de fer dits à *voie étroite* ; souvent la largeur est d'un mètre ; dans certains cas elle descend à 60 centimètres : tout le monde se rappelle le chemin de fer Decauville à l'exposition universelle de 1889. Les locomotives pour voie étroite ne diffèrent pas essentiellement de celles qui circulent sur les voies normales ; mais presque toujours les cylindres en sont extérieurs, à cause du peu de largeur disponible entre les longerons. Ce sont généralement des machines-tenders, qui se prêtent bien à l'exploitation de ces lignes, où l'on ne fait guère de grands parcours sans arrêt.

Plusieurs chemins de fer ont été construits avec des voies de largeur supérieure à la normale. La plus large (2^m,13) a été établie par l'ingénieur Brunel sur le Great Western railway en Angleterre : elle a servi pendant longtemps, avant d'être définitivement supprimée, le 1^{er} mai 1892. Certains Etats ont adopté des largeurs qui dépassent un peu la normale ; c'est une grande gêne pour le trafic international, sans constituer une garantie sérieuse contre l'invasion en temps de guerre, car il ne serait pas difficile de ramener ces voies à la largeur normale, en moins de temps qu'il n'en faudrait pour rétablir de grands ponts ou des tunnels détruits.

146. Locomotives à crémaillère. — Les locomotives ordinaires, fonctionnant par simple adhérence de leurs roues sur les rails, peuvent remonter des rampes très raides. De grandes lignes ont des inclinaisons de 30, 35, 40 mm par mètre ; certains chemins de fer atteignent même 60, 70, 80 mm par mètre (par exemple celui qui conduit de Zurich à l'Uetliberg). Il est facile de comprendre qu'une locomotive peut gravir ces rampes si fortes.

Considérons d'abord une locomotive seule, à *adhérence totale*, et cherchons l'effort à produire pour l'élever sur une rampe de 60 mm : d'après la règle indiquée au chapitre premier, pour surmonter la pesanteur, il faut un effort de 60 kilogrammes pour chaque tonne du poids : les autres résistances consomment en plus quelques kilogrammes : mettons en tout 65 kg par tonne. Si la machine pèse 40 tonnes, il faudra un effort de traction total de 65×40 ou 2 600 kilogrammes : une machine de ce poids, à petites roues, peut généralement produire un effort bien plus considérable. Quant à l'adhérence, si le rail est bien sec, elle est du sixième ou du septième du poids, c'est-à-dire de 6 600 à 5 700 kilogrammes ; elle est donc largement suffisante, et peut s'abaisser presque jusqu'au quinzième du poids sans faire défaut.

Mais la locomotive est destinée à remorquer un train : il faudra beaucoup réduire le poids de ce train, et c'est le grave inconvénient de la traction en forte rampe par les locomotives ordinaires. Dans notre exemple, si le train pèse également 40 tonnes, la résistance totale sera doublée et atteindra 5 200 kilogrammes : ce sera à peu près le plus grand effort que pourra produire la machine, et il faudra une bonne adhérence pour utiliser cet effort.

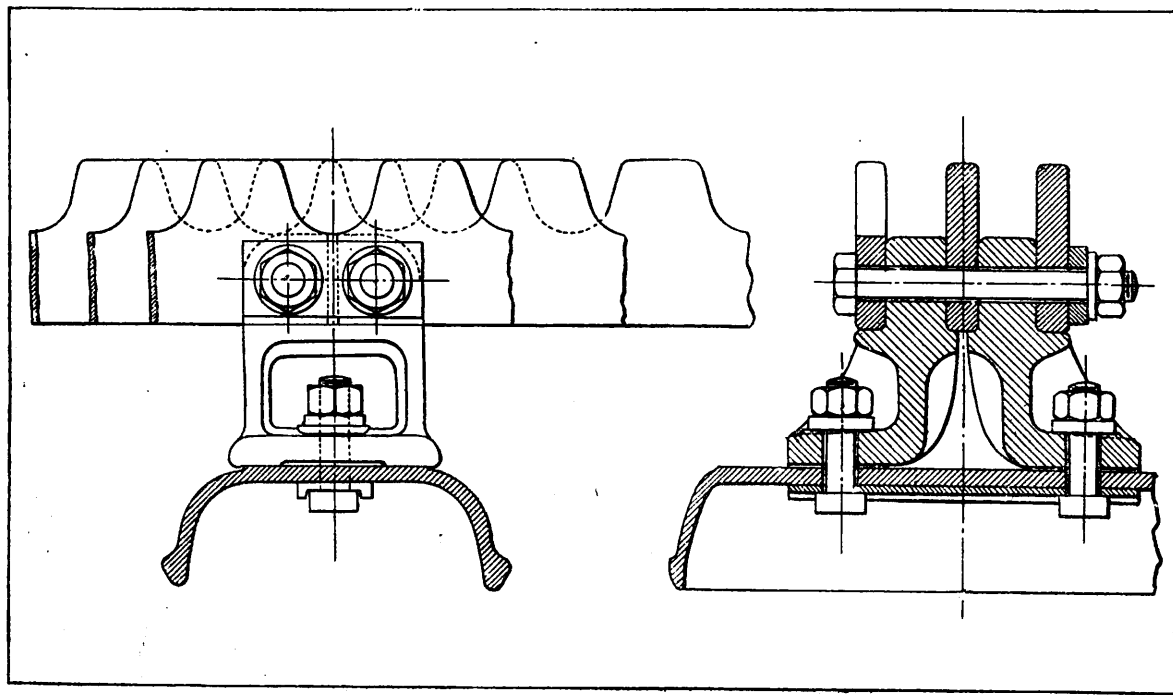


Fig. 256. — Crémaillère du système *Abt*, formée de trois barres d'acier dentées : élévation longitudinale et coupe transversale.

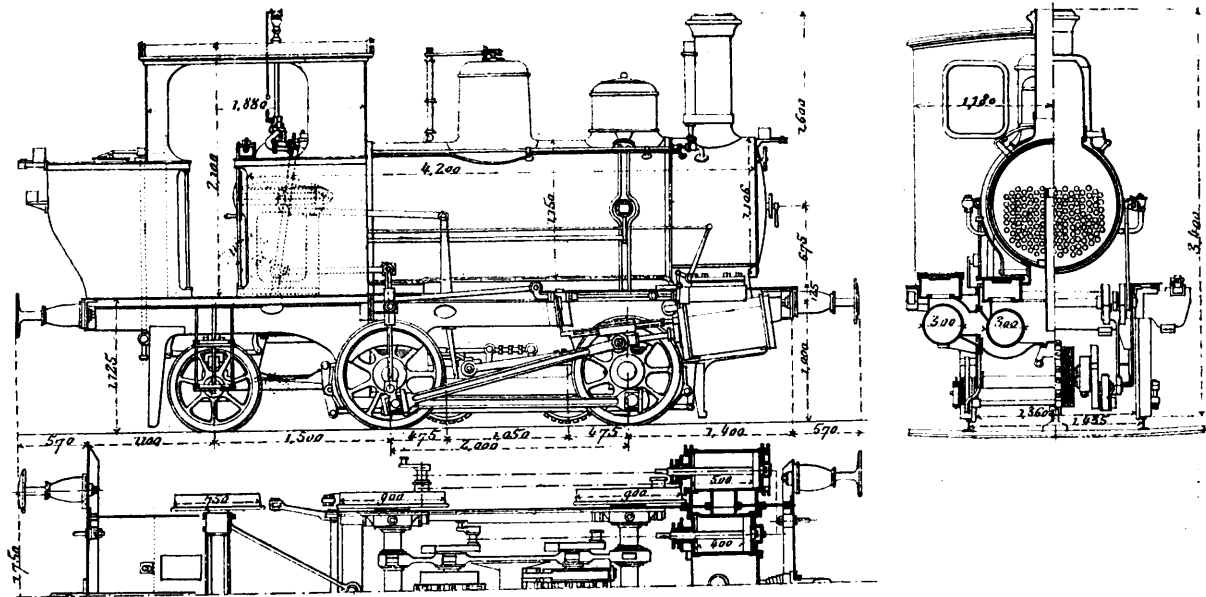


Fig. 257. — Locomotive à crémaillère, à mécanismes indépendants pour la commande des roues ordinaires et des pignons.

La *crémaillère* permet d'employer la puissance d'une locomotive, indépendamment de l'adhérence, à remorquer des charges sur des rampes fort raides, mais avec une faible vitesse ; car la *crémaillère* n'augmente pas la *puissance* de la machine : à mesure que l'effort de traction nécessaire pour remonter la rampe devient plus considérable, le chemin parcouru en une seconde diminue. Nous rappellerons que la *puissance* est le *travail* en une seconde, et que le *travail* est le produit de la force par le chemin parcouru.

La *crémaillère* (fig. 256) est installée dans l'axe de la voie : une roue dentée, montée sur un arbre commandé par les pistons de la locomotive (fig. 257), engrène sur cette *crémaillère*. Le diamètre de cette roue dentée est généralement plus petit que celui des roues qui portent la locomotive : on peut même la commander par l'intermédiaire d'un harnais d'engrenages, qui augmentent la force en réduisant la vitesse.

On remonte ainsi des inclinaisons de 200, 300, 400 millimètres par mètre. Parfois la ligne entière est à *crémaillère* ; d'autres fois, elle a des parties peu inclinées avec voie ordinaire seule. Dans ce cas, les locomotives sont disposées pour fonctionner à volonté par adhérence ou avec la *crémaillère* : un mécanisme ordinaire fait tourner les roues pour la marche par adhérence ; un second mécanisme commande la roue dentée pour la marche sur la *crémaillère*. Telle est la locomotive représentée figure 257. Sur les sections à *crémaillère*, on peut mettre en marche les deux mécanismes, de sorte qu'on profite de l'adhérence pour soulager la *crémaillère*.

On a aussi construit des locomotives où un seul mécanisme, à deux cylindres, fait tourner à la fois la roue dentée et les roues ordinaires : cette disposition a un défaut : le diamètre des roues ordinaires diminue par l'usure, tandis que celui de la roue dentée est invariable : cette diminution du diamètre produit forcément un glissement sur les rails.

Les *crémaillères* du système *Riggenbach* sont formées de tiges rondes portées par deux flasques, comme les échelons d'une échelle. La denture de la *crémaillère* *Abt* est découpée à la manière ordinaire dans des barres d'acier.

À la descente, plusieurs systèmes de freins modèrent la vitesse : c'est d'abord la compression de l'air dans les cylindres qui commandent la roue dentée, puis des sabots, agissant par frottement sur des roues dentées, qui engrènent avec la *crémaillère*.

La ville de Langres est reliée à la gare du chemin de fer de l'Est par un chemin de fer en partie à *crémaillère* et en partie à voie simple, long de 1 475 mètres. La différence d'altitude des deux points extrêmes est de 132 mètres. Les rampes les plus fortes sont de 172 millimètres par mètre sur les sections à *crémaillère* et de 30 millimètres sur les autres.
