

## CHAPITRE V

### TYPES DIVERS DE LOCOMOTIVES

**122. Appréciation des types.** — Il existe bien des types variés de locomotives, qui ne peuvent être tous examinés dans un chapitre nécessairement assez court. Une classification d'ensemble réunit les machines qui ont le même nombre d'essieux couplés, en mettant à part les machines-tenders. Pour apprécier d'une manière générale ces différents types, il est bon de se rappeler les principales qualités qu'on recherche dans les locomotives.

La chaudière donne la mesure de la quantité de vapeur qui peut être produite : elle détermine donc la puissance que pourra développer la locomotive, munie d'un mécanisme approprié. Dans la chaudière, c'est d'abord l'appareil de combustion qu'il faut bien proportionner, de manière à produire 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 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 valeur déterminée ; la chaudière doit 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 : quand les cylindres ont des dimensions exagérées, la pression est difficile à tenir dans la chaudière, et la machine consomme toujours beaucoup de combustible.

Le poids adhérent est plus ou moins grand, suivant l'effort moteur que peut développer le mécanisme ; pour les plus grands efforts, donnés par les petites roues, l'adhérence est souvent totale ; parfois

même le poids des approvisionnements est 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, qui prennent une extrême importance pour les locomotives destinées à une marche 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 et d'emploi de la vapeur, et de stabilité, le constructeur de la locomotive doit la faire simple, robuste et commode. Il ne perdra jamais de vue les conditions du service demandé à ce genre de machines. En proportionnant les différentes parties qui la composent, en évitant 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 de la locomotive, dont on a enfin cessé de discuter l'utilité. Les tuyaux, exposés à la gelée, et enlaidissant les machines, ne doivent pas être inutilement multipliés; un peu de soin dans l'étude permet de réduire beaucoup ces accessoires encombrants.

Sur les locomotives ainsi construites, le personnel est à l'aise, le service est facile, les avaries sont rares; enfin elles se présentent avec l'élégance et la simplicité de formes qui conviennent à l'un des chefs-d'œuvre de la mécanique.

Mais si 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 tirer bon parti de toutes celles dont on peut disposer, et ne pas trop dédaigner les vieux engins, qui ont rendu tant de services, quand on en voit d'autres plus puissants, plus beaux et plus commodes.

**123. Locomotives à essieux indépendants.** — On emploie encore quelques locomotives à un seul essieu moteur, sans accouplement, dites à essieux indépendants. En France, sur les chemins de fer du Nord, de l'Est et de Paris à Lyon et à la Méditerranée, on s'est longtemps servi de machines de cette catégorie, dues à l'ingénieur anglais Crampton. La machine Crampton (fig. 6) est très simple; 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.

On a dû renoncer à la machine Crampton, qui est devenue insuffisante : la grille en était trop petite, et l'adhérence insuffisante, la roue motrice 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 aux services actuels.

On voit encore en service, sur des embranchements du réseau de

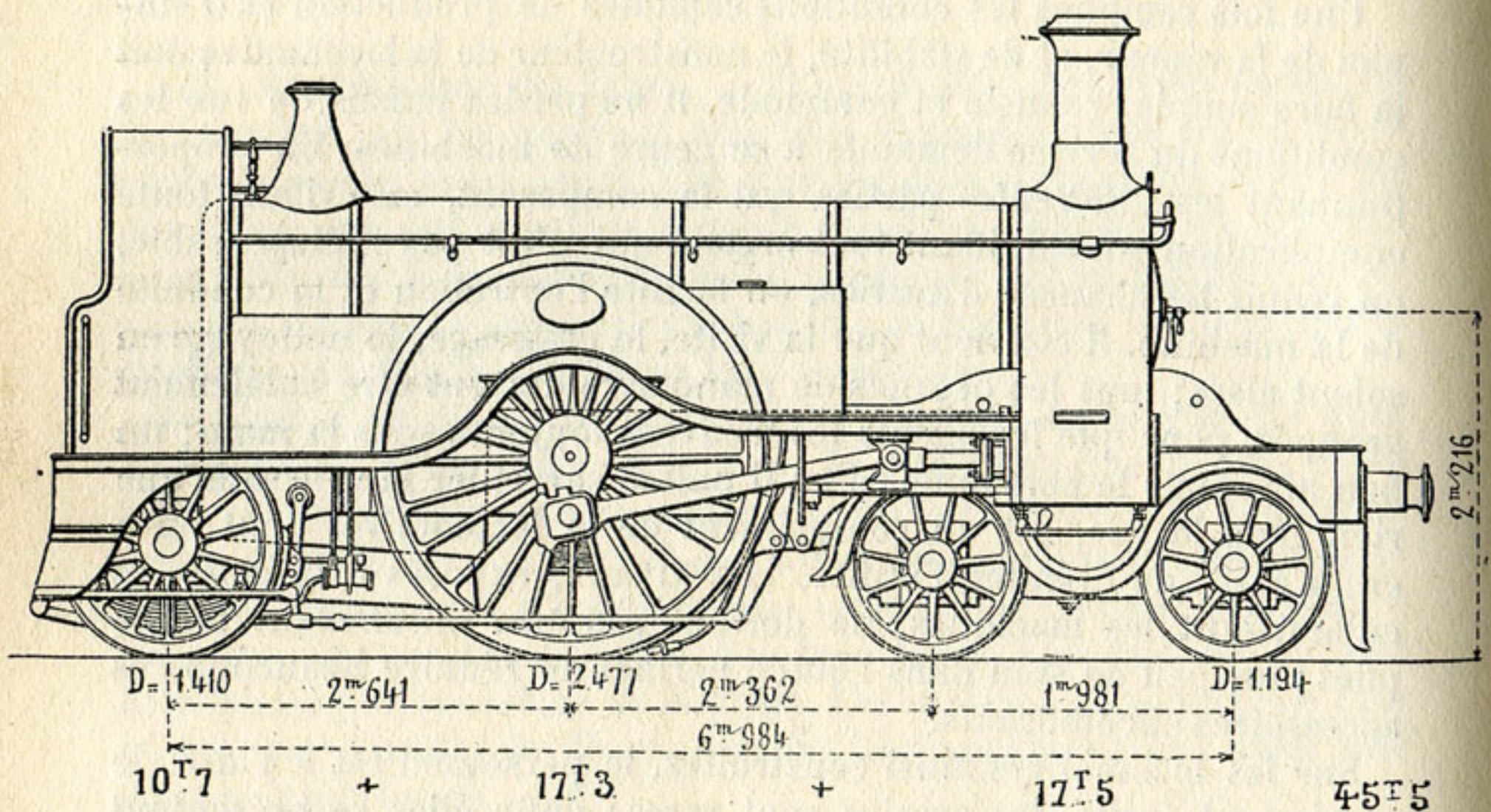


Fig. 233. — Locomotive à essieux indépendants et à cylindres extérieurs du *Great Northern railway* (d'après M. Demoulin), en service depuis 1870. Diamètre des roues motrices, avec bandages neufs, 2,49 m; cylindres de 480 (495 mm dans les dernières constructions) avec course de 710 mm.

l'Ouest, quelques petites 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 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 dépassant 18 tonnes. Les cylindres de ces machines sont extérieurs (fig. 233) ou plus fréquemment, intérieurs (fig. 234). L'élévation de la chaudière et la faible hauteur du tablier rendent ces mécanismes intérieurs facilement accessibles.

Avec une forte chaudière, de grands cylindres, ces machines à essieux indépendants assurent la remorque de trains express très rapides à charge moyenne et à rares arrêts ; ce n'est guère qu'aux démarrages qu'on peut sentir leur défaut d'adhérence.

En Amérique, on a aussi construit quelques locomotives à essieux indépendants (fig. 235).

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

**124. Locomotives à deux essieux couplés non compound.** — L'accouplement de deux essieux est très fréquent pour les locomotives destinées au service des trains de voyageurs. Le diamètre des quatre

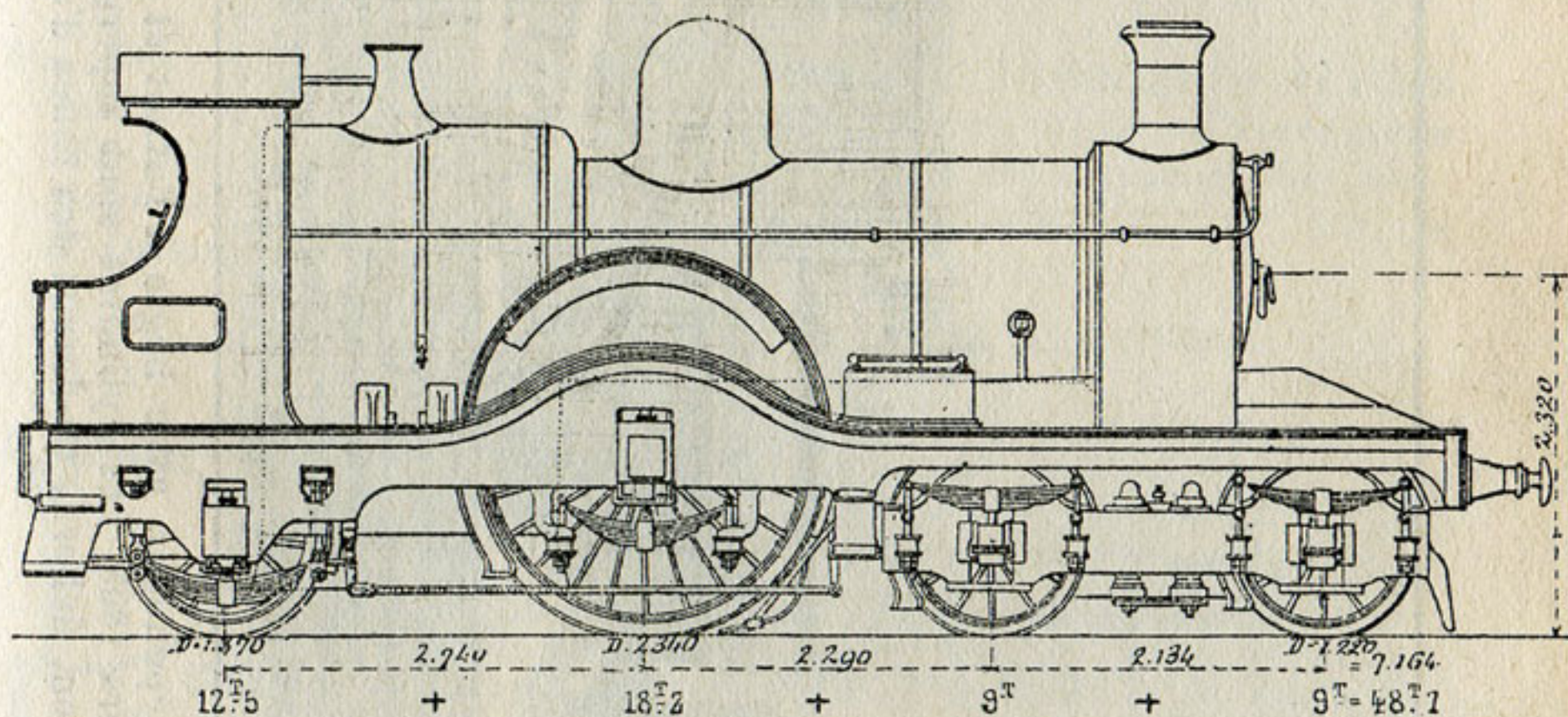


Fig. 234. — Locomotive à essieux indépendants, construite par le *Great Western railway* en 1894 (d'après M. Morandière dans la *Revue générale des chemins de fer*). Diamètre des roues motrices, 2,340 m; cylindres de 483 mm, avec course de 610 mm.

roues couplées est habituellement compris entre 1,70 m et 2,10 m ; il ne descend qu'exceptionnellement au-dessous de 1,50 m, parce qu'avec de petites roues l'adhérence de deux essieux seulement ne suffit plus pour l'effort de traction. Les grandes roues imposent une limite assez basse au diamètre de la chaudière, lorsque la hauteur de l'axe de la chaudière au-dessus des rails ne dépasse pas beaucoup le diamètre des roues. Pendant longtemps, cette considération a gêné la construction des locomotives à grande vitesse. Mais en élevant suffisamment l'axe de la chaudière, on peut en augmenter le diamètre, sans qu'il résulte d'ailleurs aucun inconvénient de l'élévation de l'axe. On atteint et on dépasse la hauteur de 2,50 m.

Les dispositions des essieux sont les suivantes : deux essieux couplés seulement ; deux essieux couplés et un essieu porteur à

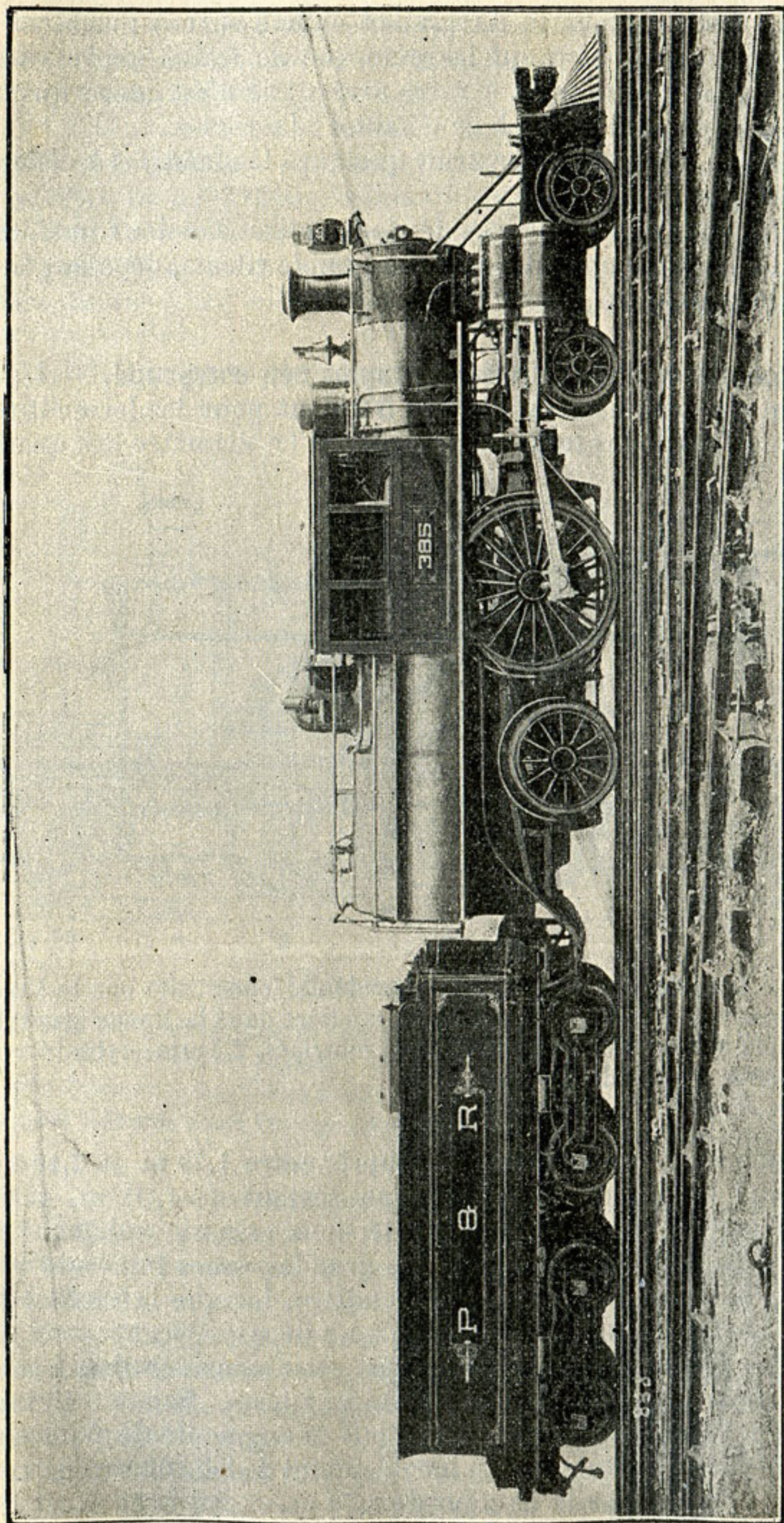


Fig. 235. — Locomotive à essieu moteur indépendant, avec bogie à l'avant et essieu porteur à l'arrière, construite par les ateliers Baldwin à Philadelphie vers 1895. Les cylindres sont superposés avec détente-Woolf, suivant le système Vauclain ; le foyer, du type Wootten, déborde au-dessus des roues d'arrière.

l'avant ; un bogie à l'avant, à la place de l'essieu porteur ; deux

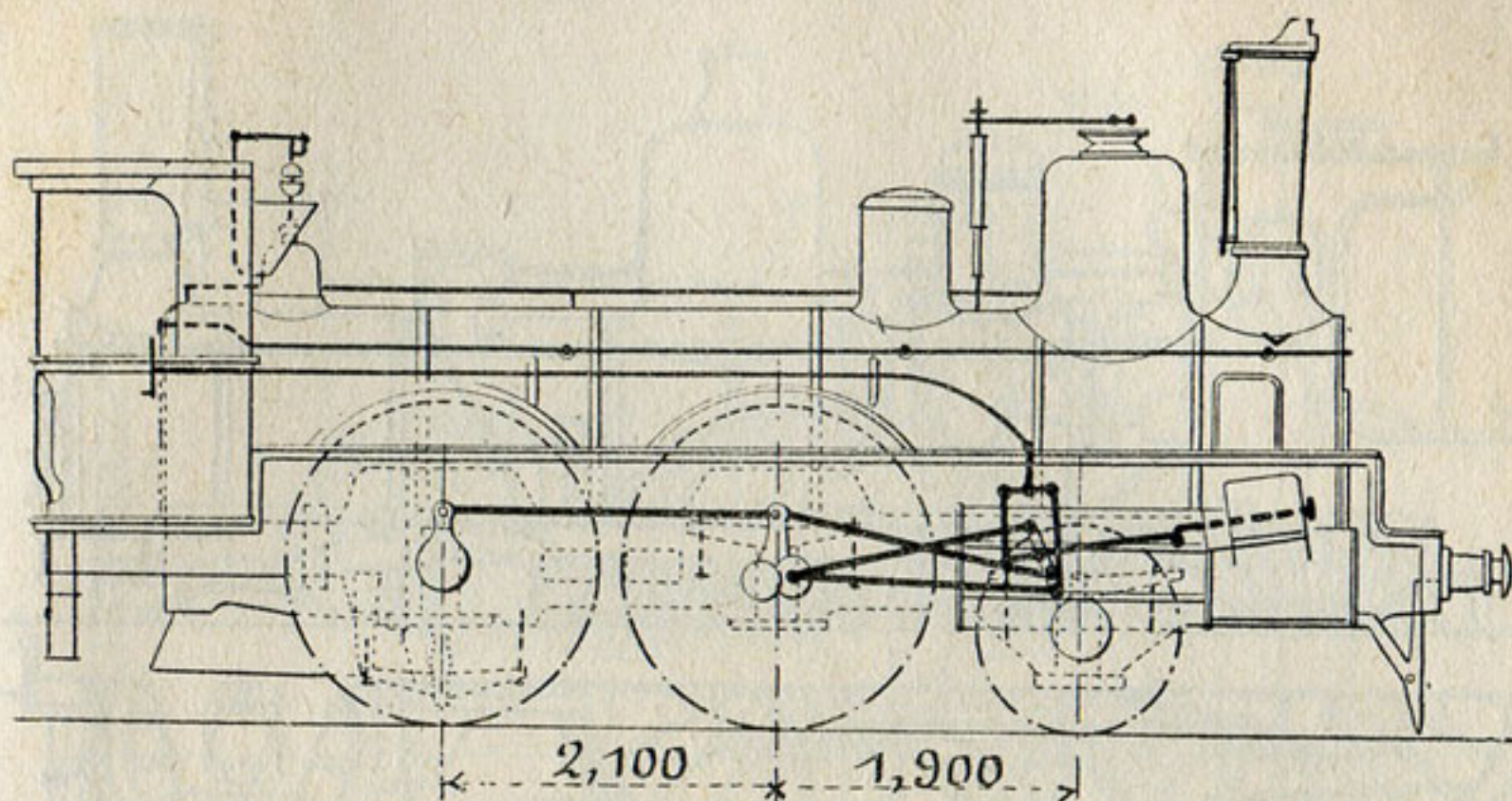


Fig. 236. — Locomotives à grande vitesse des chemins de fer de l'État français, avec deux essieux couplés et un essieu porteur à l'avant (série 2009-2068) ; cylindres extérieurs de 440 mm, avec course de 650 mm ; distribution par coulisse d'Allan ; surface de grille, 1,33 m<sup>2</sup>. D'après M. Demoulin.

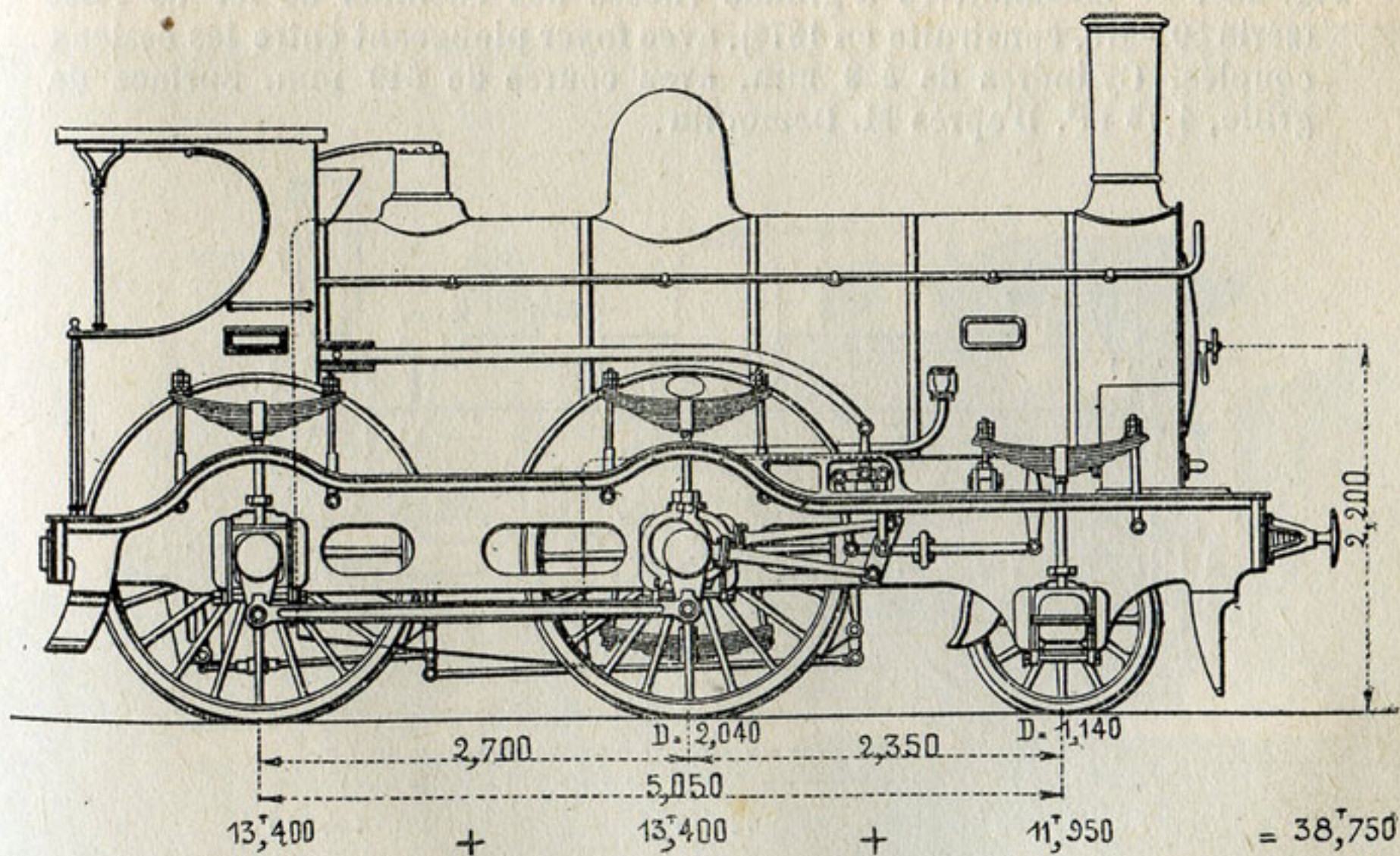


Fig. 237. — Locomotives à grande vitesse (nos 621-635, construction en 1888) des chemins de fer de l'Ouest, avec foyer plongeant entre les essieux, à cylindres de 430 mm, avec course de 600 mm ; surface de grille, 1,64 m<sup>2</sup> ; coulisse d'Allan. D'après M. Demoulin.

essieux couplés à l'avant et un essieu porteur à l'arrière ; deux essieux couplés compris entre deux essieux porteurs ; un bogie

à l'avant, deux essieux couplés et un essieu porteur à l'arrière.

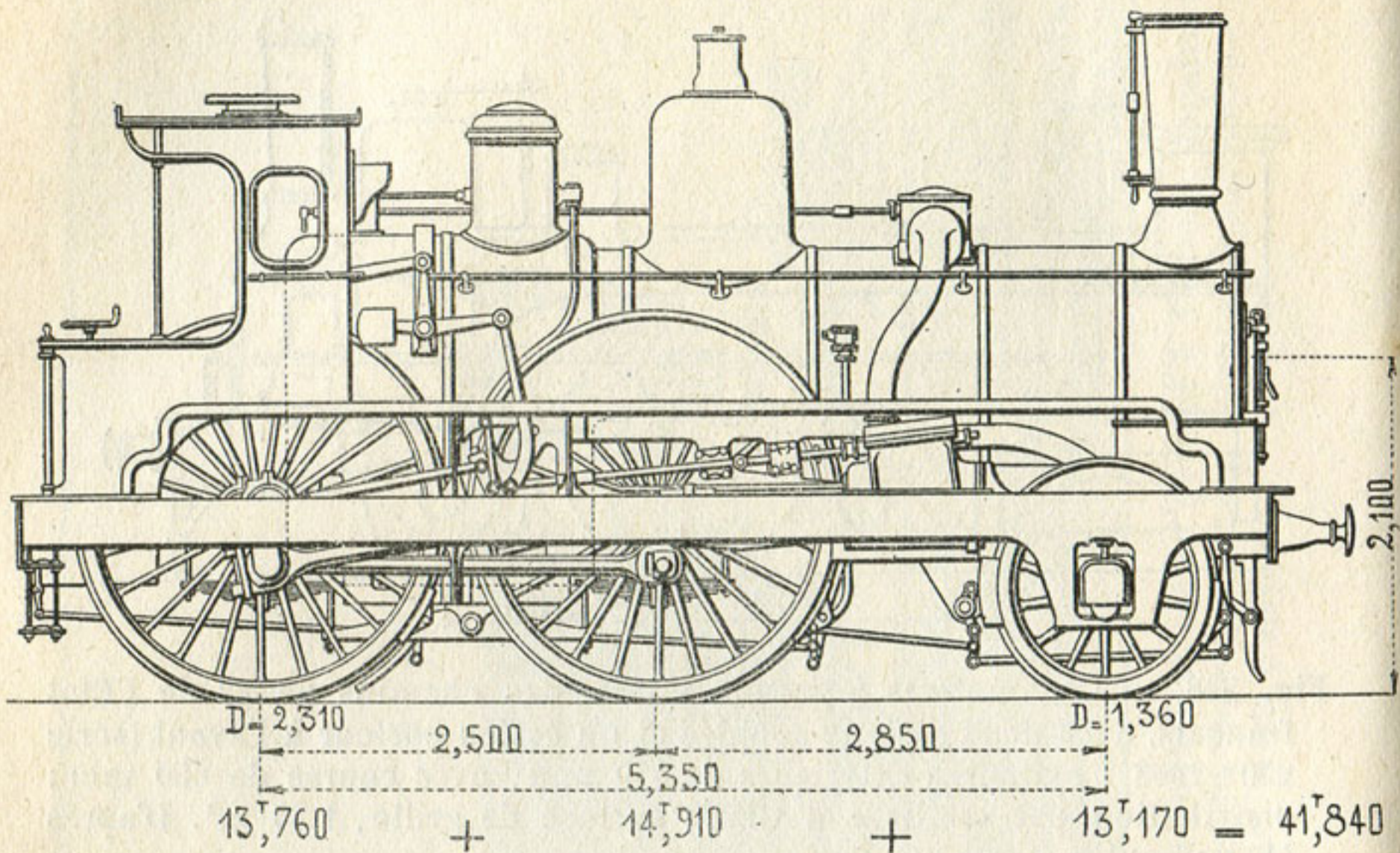


Fig. 238. — Locomotives à grande vitesse des chemins de fer de l'Est (série 501-510, construite en 1878), avec foyer plongeant entre les essieux couplés. Cylindres de 440 mm, avec course de 640 mm. Surface de grille, 1,73 m<sup>2</sup>. D'après M. Demoulin.

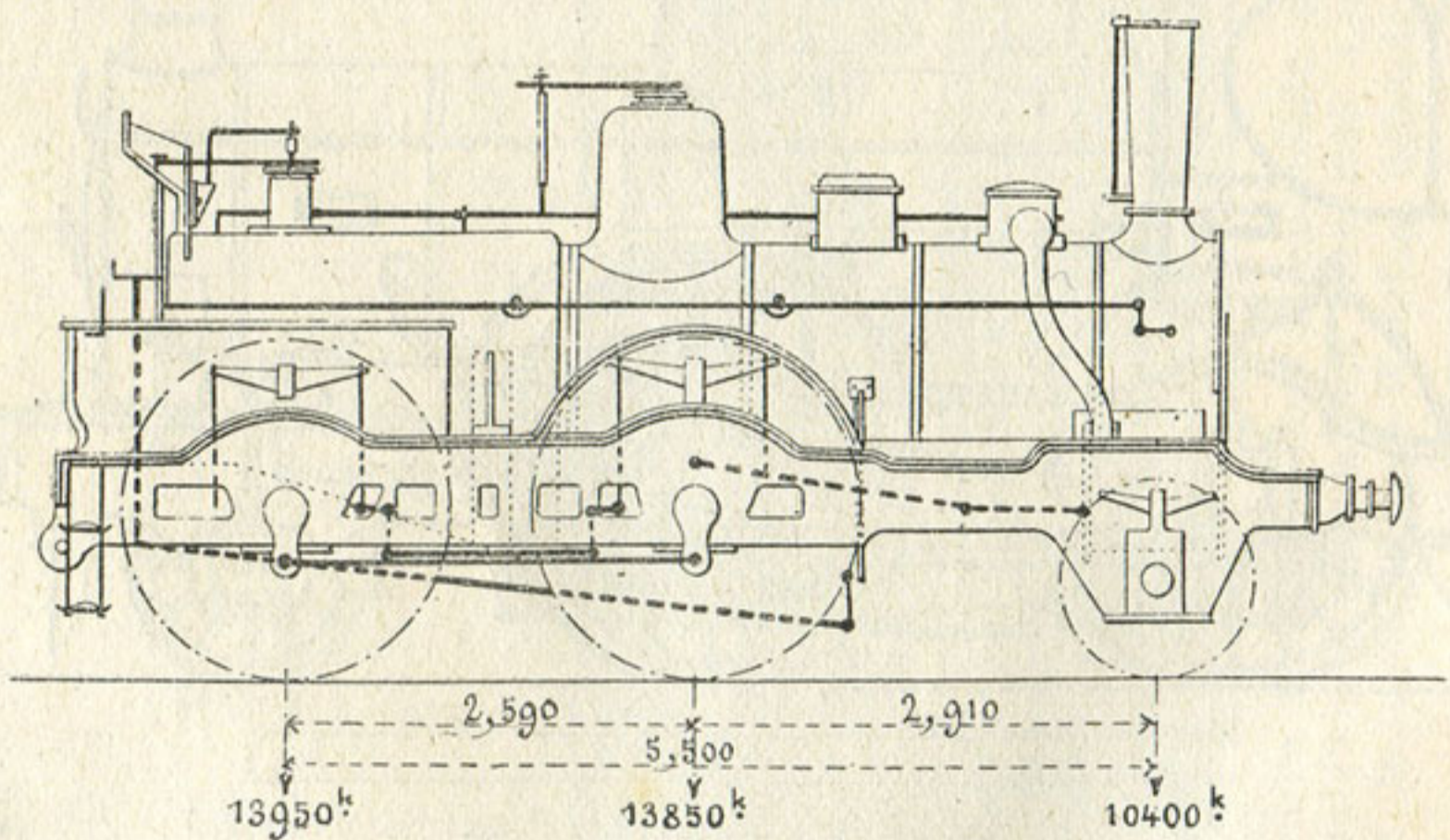


Fig. 239. — Locomotives à grande vitesse (série 2834-2860) des chemins de fer du Nord, avec deux essieux couplés, essieu porteur à l'avant et foyer au-dessus de l'essieu d'arrière; cylindres intérieurs de 432 (alésés plus tard à 450 ou 460 mm); surface de grille, 2,33 m<sup>2</sup>. L'essieu porteur de ces locomotives a été récemment remplacé par un bogie. D'après M. Demoulin.

On n'emploie plus que très exceptionnellement, et pour des manœuvres, les locomotives à deux essieux.

On a construit, en très grand nombre, les locomotives de la seconde

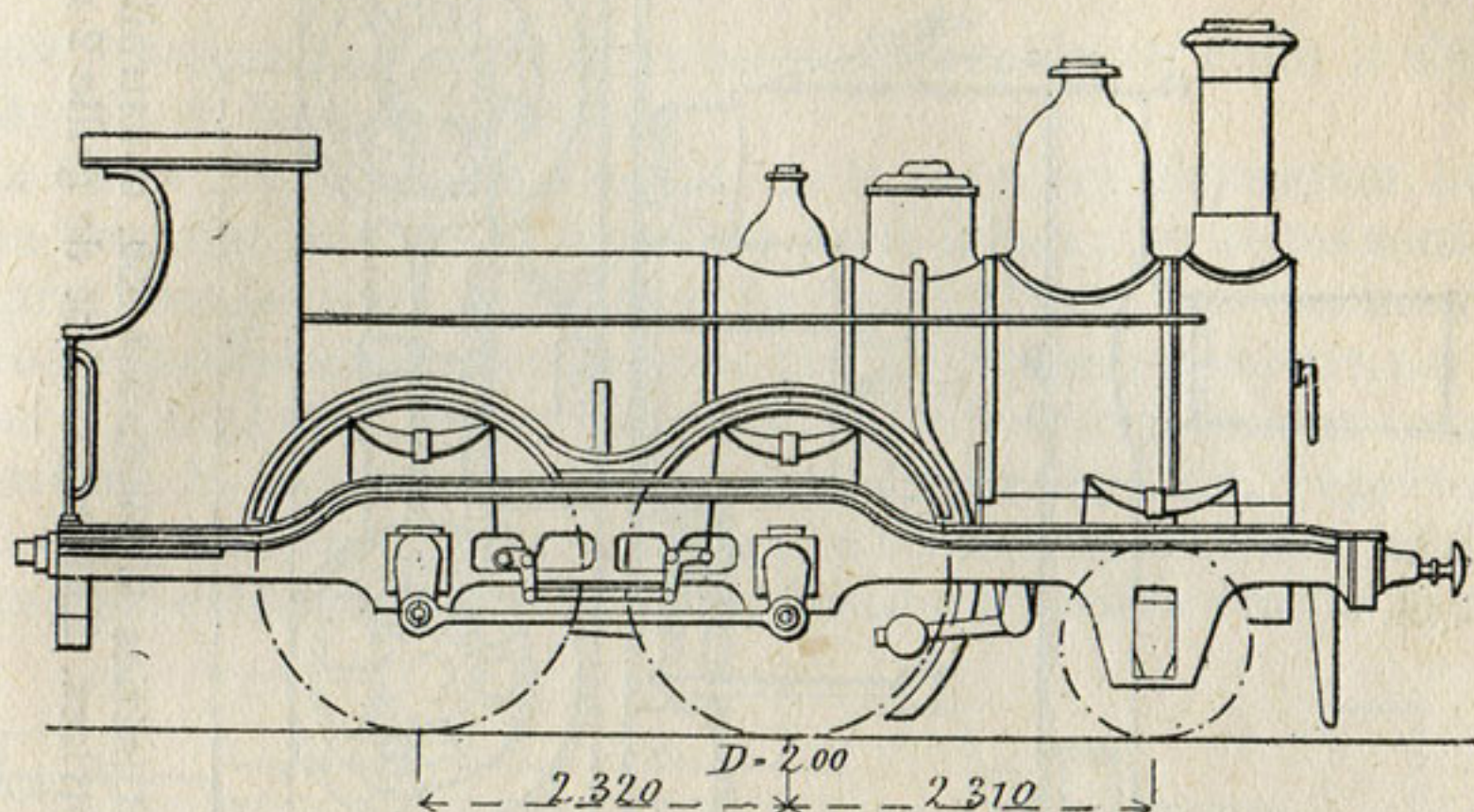


Fig. 240. — Ancienne locomotive à grande vitesse de l'État Belge, avec grille de 3 m<sup>2</sup> au-dessus de l'essieu d'arrière. D'après M. Demoulin.

catégorie, avec essieu porteur à l'avant. Les cylindres sont extérieurs

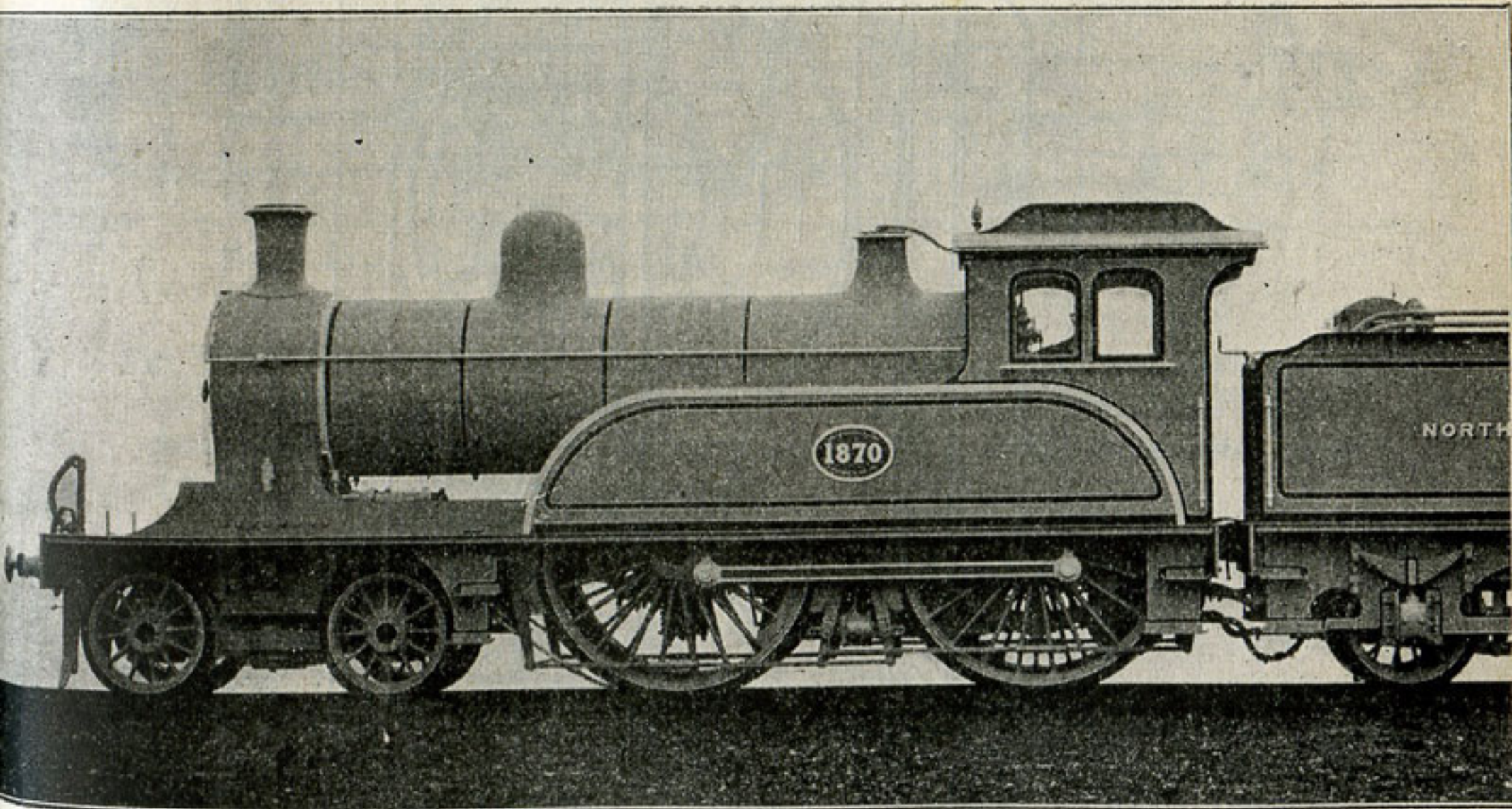


Fig. 241. — Locomotive à grande vitesse du *North Eastern railway*; cylindres de 508 mm, avec course de 660 mm; roues de 2,317 m de diamètre; grille de 1,95 m<sup>2</sup>, dans un foyer plongeant entre les essieux couplés; charge sous l'essieu moteur, 18,7 t. D'après M. Demoulin.

ou intérieurs; tantôt le foyer est *en porte-à-faux* derrière le dernier essieu, disposition ancienne qu'on ne reproduit plus aujourd'hui,



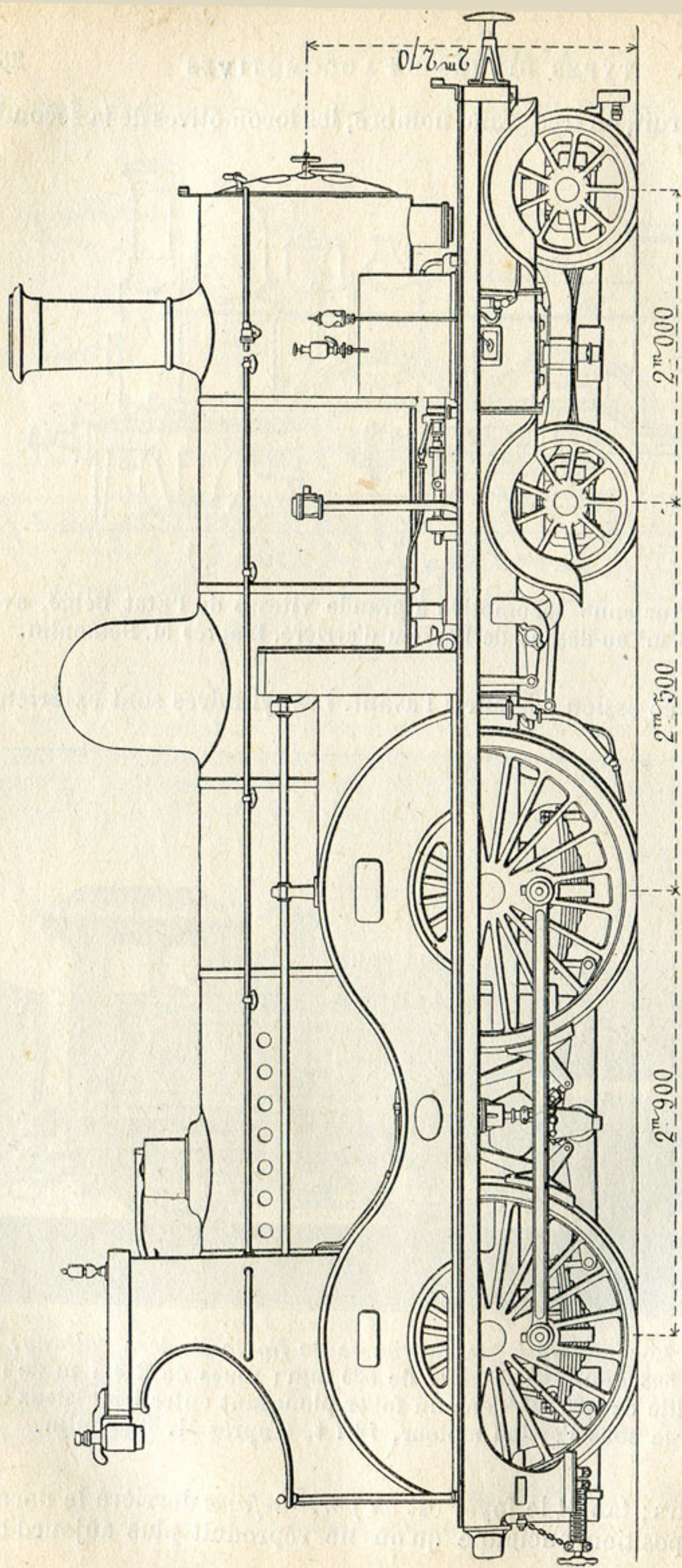


Fig. 242. — Locomotives à grande vitesse avec bogie, des chemins de fer de l'Ouest (séries 963-998, 939-950, construites en 1892, 1893 et 1896); cylindres de 460 mm, avec course de 660; diamètre des roues motrices, 2,01 m; surface de grille 2 m<sup>2</sup>. D'après M. Demoulin.

tantôt il descend entre les deux essieux couplés, ou enfin il s'étend au-dessus de l'essieu d'arrière.

La figure 236 donne un exemple de la première disposition, où les cylindres sont, comme le foyer, en porte-à-faux; les roues sont très rapprochées les unes des autres. La figure 237 est une locomotive à cylindres intérieurs et mouvements de distribution extérieurs, par coulisses d'Allan, avec foyer plongeant entre les deux essieux couplés. De même, la locomotive des chemins de fer de l'Est, représentée figure 238, a un foyer descendant entre les essieux d'arrière, mais les cylindres extérieurs commandent l'essieu d'arrière : la bielle d'ac-

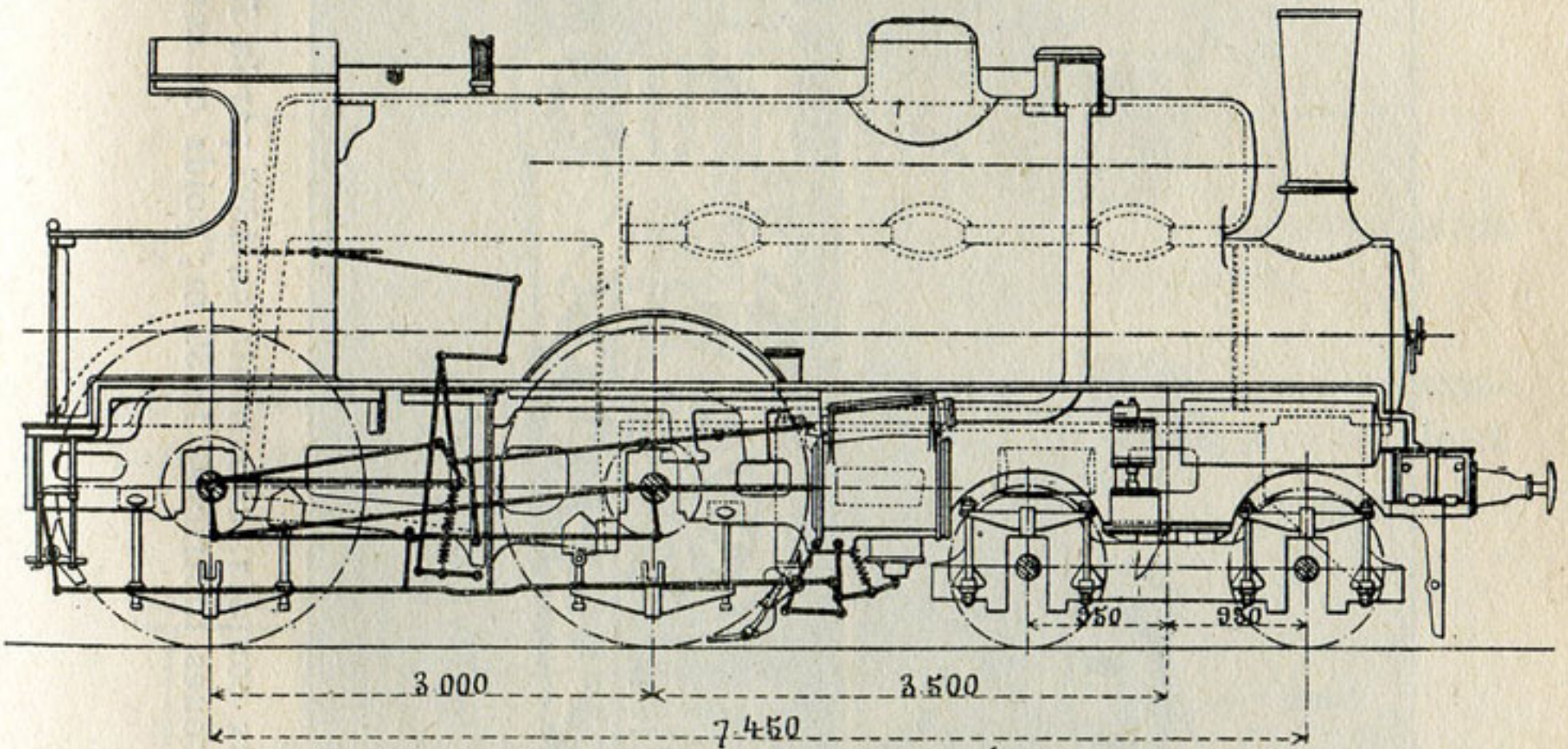


Fig. 243. — Locomotives à grande vitesse (série 813-840) des chemins de fer de l'Est, à deux essieux couplés et à bogie, avec chaudière Flaman à deux corps; cylindres de 470 mm, avec course de 660 mm; surface de grille, 2,42 m<sup>2</sup>. D'après M. Demoulin.

couplement est, par suite, placée entre la bielle motrice et les roues. Enfin les figures 239 et 240 donnent des exemples de locomotives avec foyer au-dessus de l'essieu d'arrière.

En général, on préfère aujourd'hui, surtout pour les locomotives à grande vitesse, le bogie au simple essieu porteur d'avant. Le foyer des locomotives à deux essieux couplés et à bogie descend entre les essieux, ou s'étend au-dessus de l'essieu d'arrière. La première disposition est presque exclusivement employée en Angleterre : la figure 241 représente une puissante locomotive anglaise récemment construite.

Les figures 242 et 243 représentent des locomotives de ce genre avec foyer plongeant entre les essieux, employées sur les réseaux de l'Ouest et de l'Est, la première à cylindres intérieurs, la seconde à cylindres extérieurs commandant l'essieu d'arrière; cette dernière est munie de la chaudière Flaman à deux corps. Le chemin de

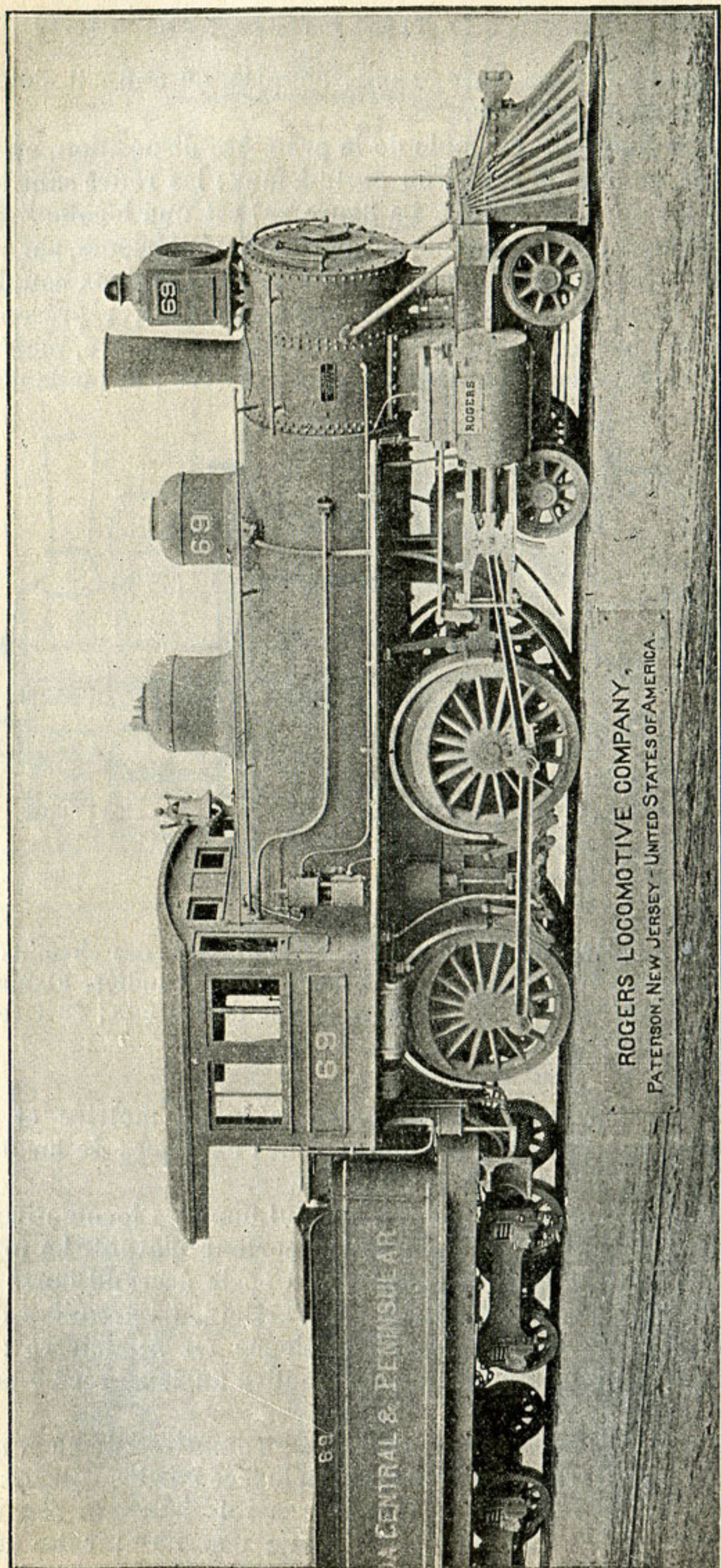


Fig. 244. — Locomotive américaine à deux essieux couplés, construite en 1895 par la *Rogers locomotive Co.* Cylindres de 457 mm avec course de 660 mm ; diamètre des roues motrices, 1,750 m ; poids en service, 49 000 kg ; poids adhérent 31 500 kg.

fer du Nord possède des locomotives avec foyer au-dessus de l'essieu d'arrière, qui ne diffèrent de celles représentées figure 239 que

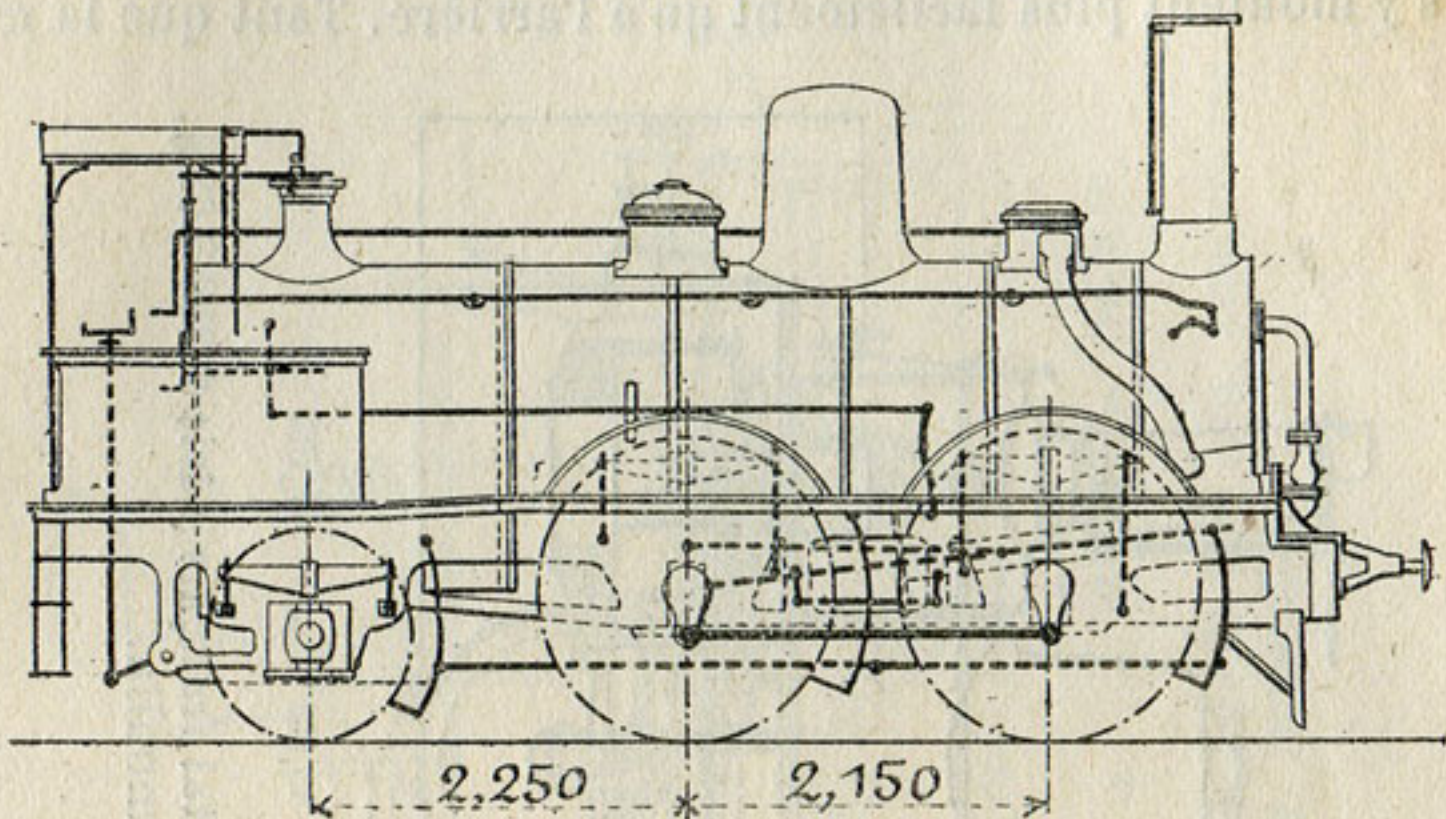


Fig. 245. — Locomotives avec essieux d'avant couplés, des chemins de fer du Nord (série 2552-2631). D'après M. Demoulin.

par la substitution du bogie à l'essieu porteur. La disposition américaine est représentée figure 244; le foyer, compris entre les deux

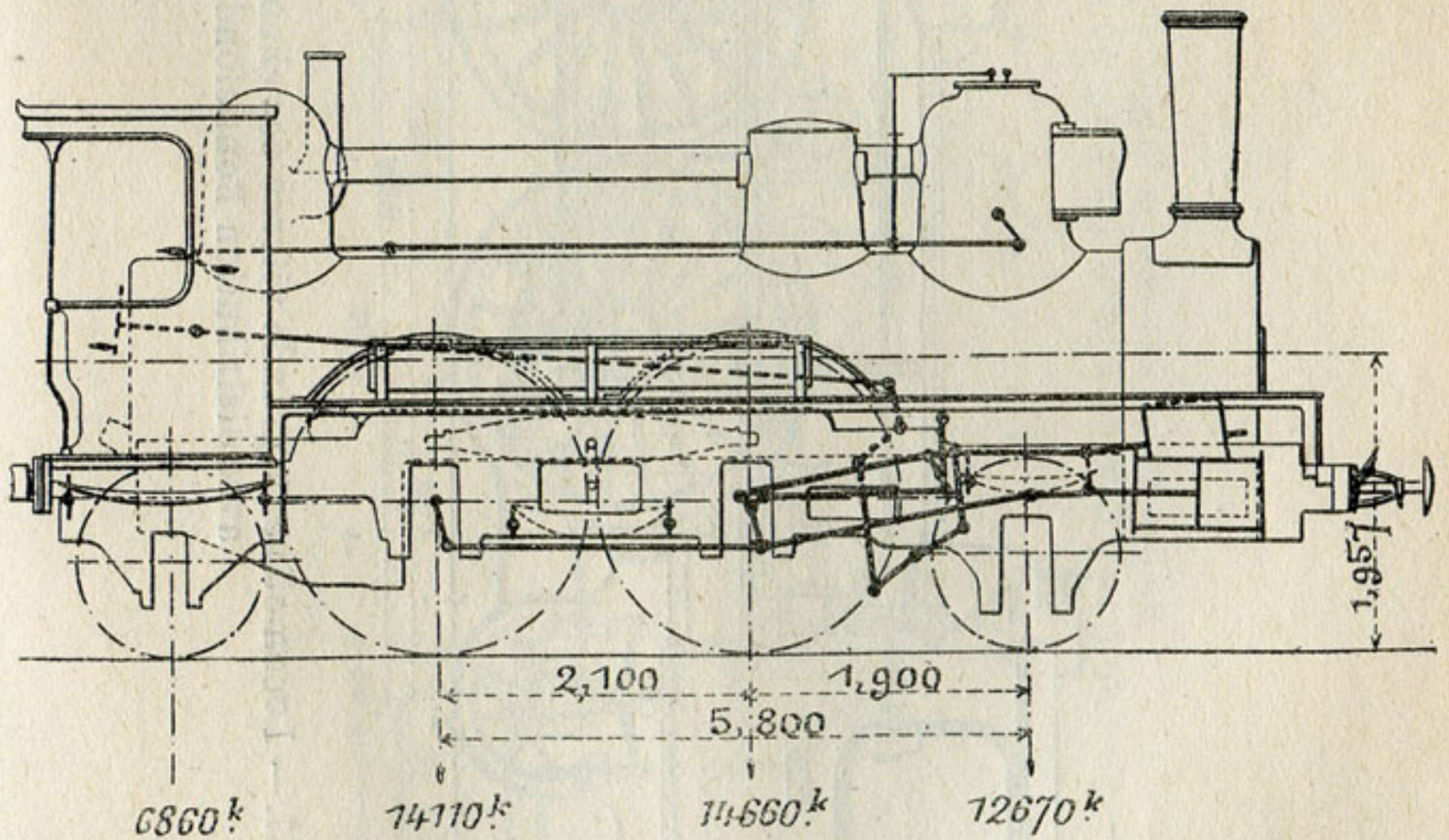


Fig. 246. — Locomotives à grande vitesse (série 76 à 86) du chemin de fer d'Orléans; cylindres de 440 mm, avec course de 650. D'après M. Demoulin.

essieux couplés dans les anciennes machines, déborde souvent au-dessus de l'essieu d'arrière.

Lorsque les deux essieux d'avant sont couplés, ils sont placés sous le corps cylindrique et commandés par des cylindres intérieurs incli-

nés (fig. 245) : 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

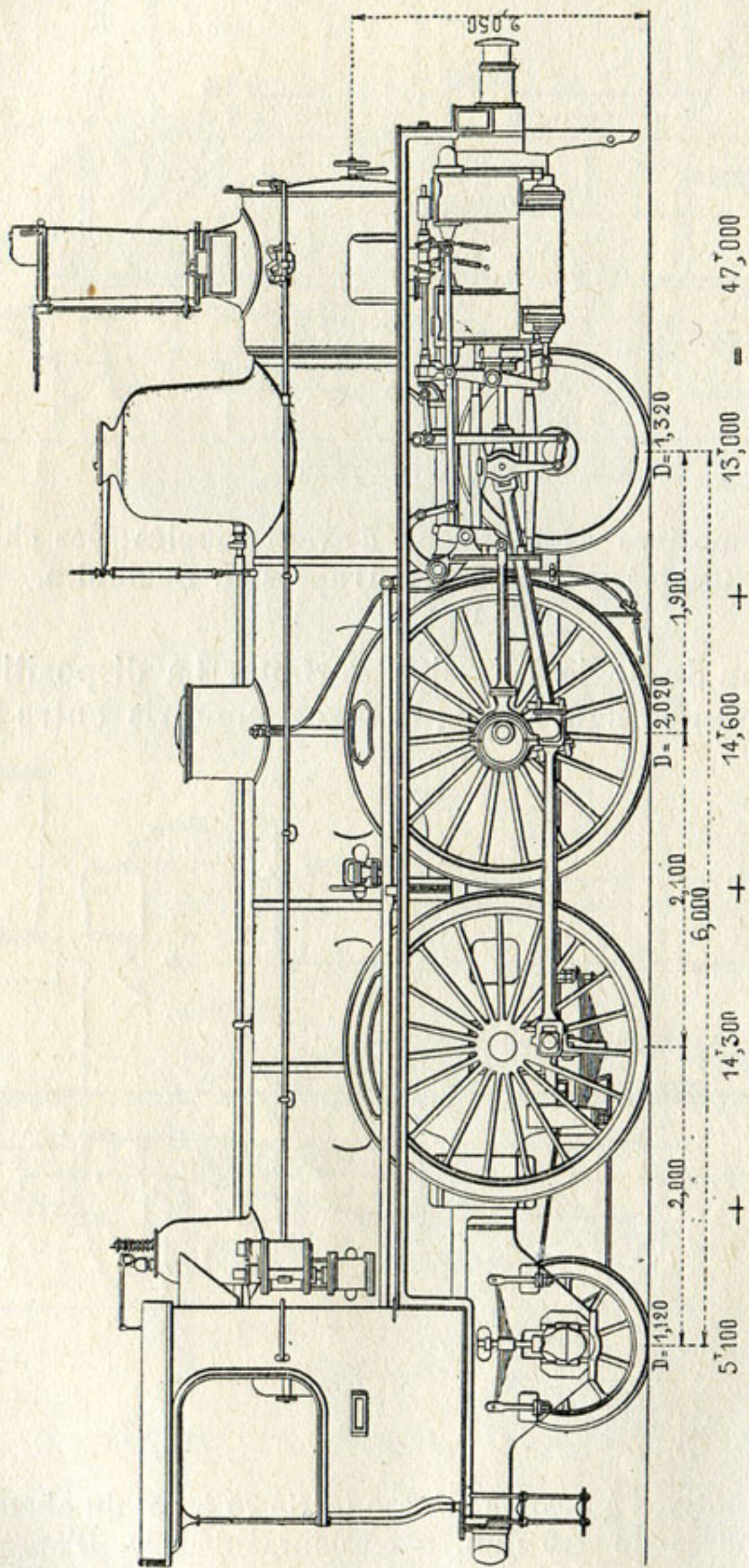


Fig. 247. — Locomotive, à grande vitesse des chemins de fer de l'Etat français (série 2.602-2.620), avec distribution Bonnefond. D'après M. Demoulin.

n'est pas très rapide, et que les essieux ne sont pas trop lourdement chargés, la présence des grandes roues couplées à l'avant ne paraît pas fatiguer la voie outre mesure.

Les locomotives avec deux essieux couplés, compris entre deux essieux porteurs, ont été employées en France, surtout sur les chemins

de fer d'Orléans, de Lyon et de l'Etat (fig. 246, 249, 247) : les cylindres, extérieurs, sont en porte-à-faux à l'avant. D'une manière générale,

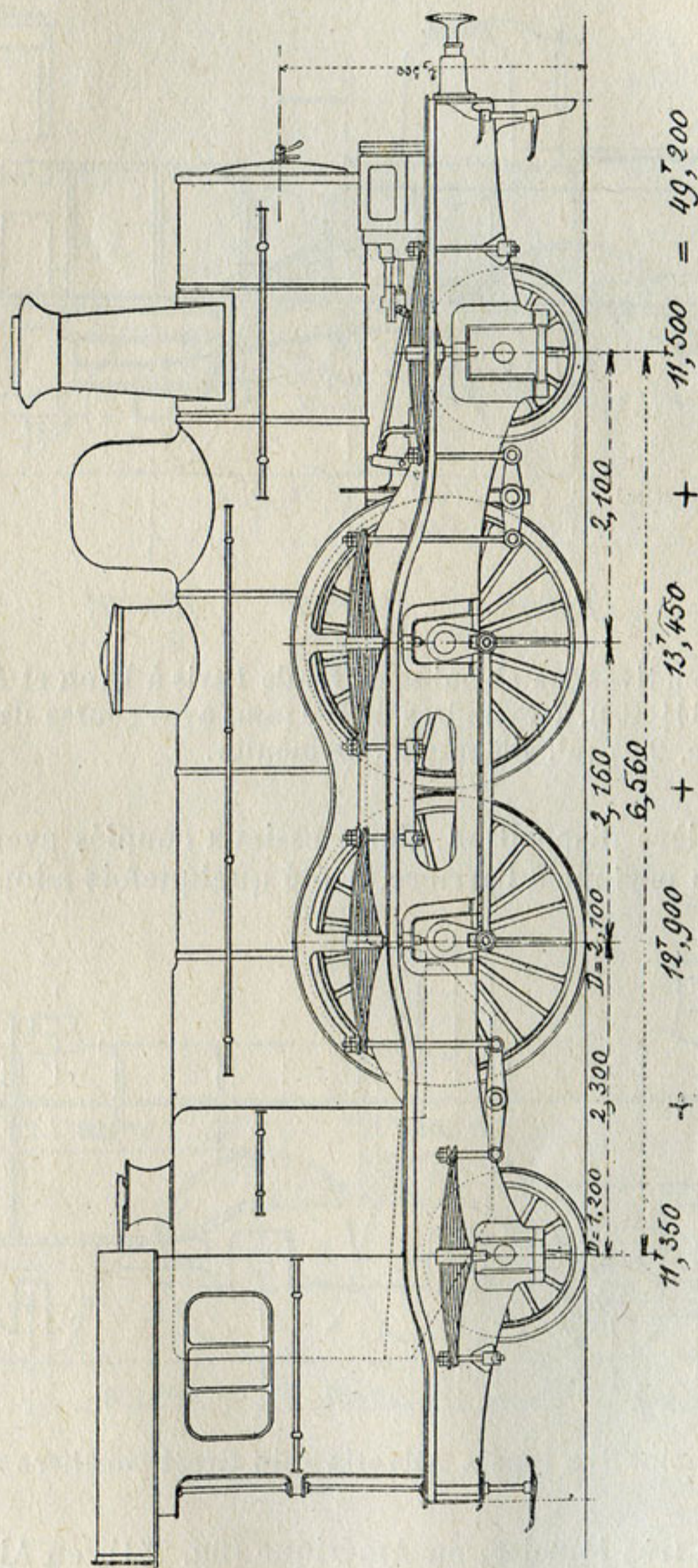


Fig. 248. — Locomotive à grande vitesse (type 12) de l'État belge ; cylindres de 500 mm, avec course de 600 mm ; surface de grille, 4,74 m<sup>2</sup>. D'après M. Demoulin.

rale, ce type n'est plus en grande faveur aujourd'hui ; certaines locomotives de ce genre, des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, ont été transformées en machines à bogie.

La figure 248 représente une locomotive à grande vitesse de l'État belge, avec même disposition d'essieux, mais à cylindres intérieurs.

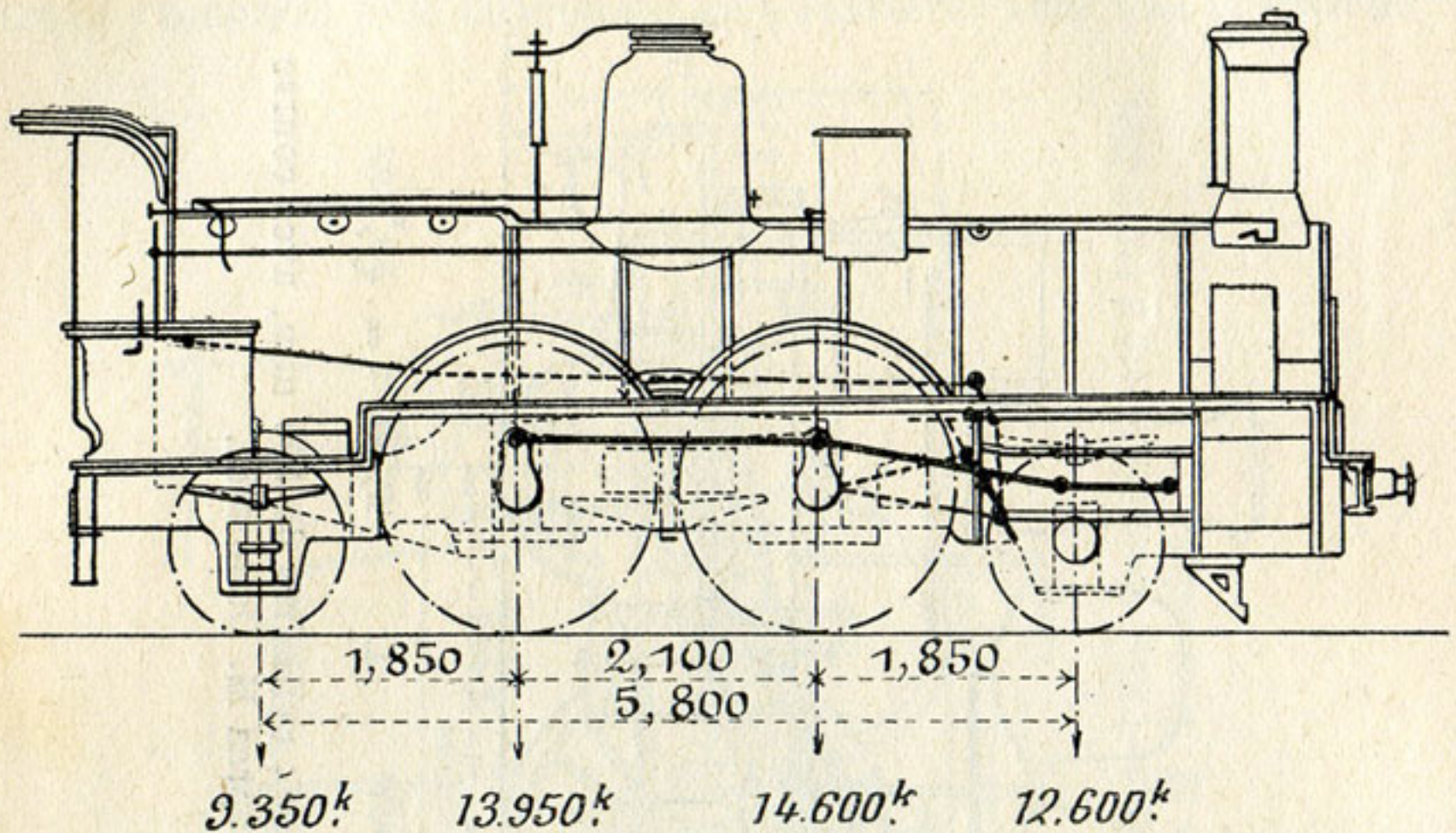


Fig. 249. — Locomotives des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée (série 111-400), à cylindres de 500 mm, avec course de 620 mm; surface de grille, 2,24 m<sup>2</sup>. D'après M. Demoulin.

Enfin la dernière disposition, deux essieux couplés avec bogie à l'avant et essieu porteur à l'arrière, a été quelquefois adoptée pour

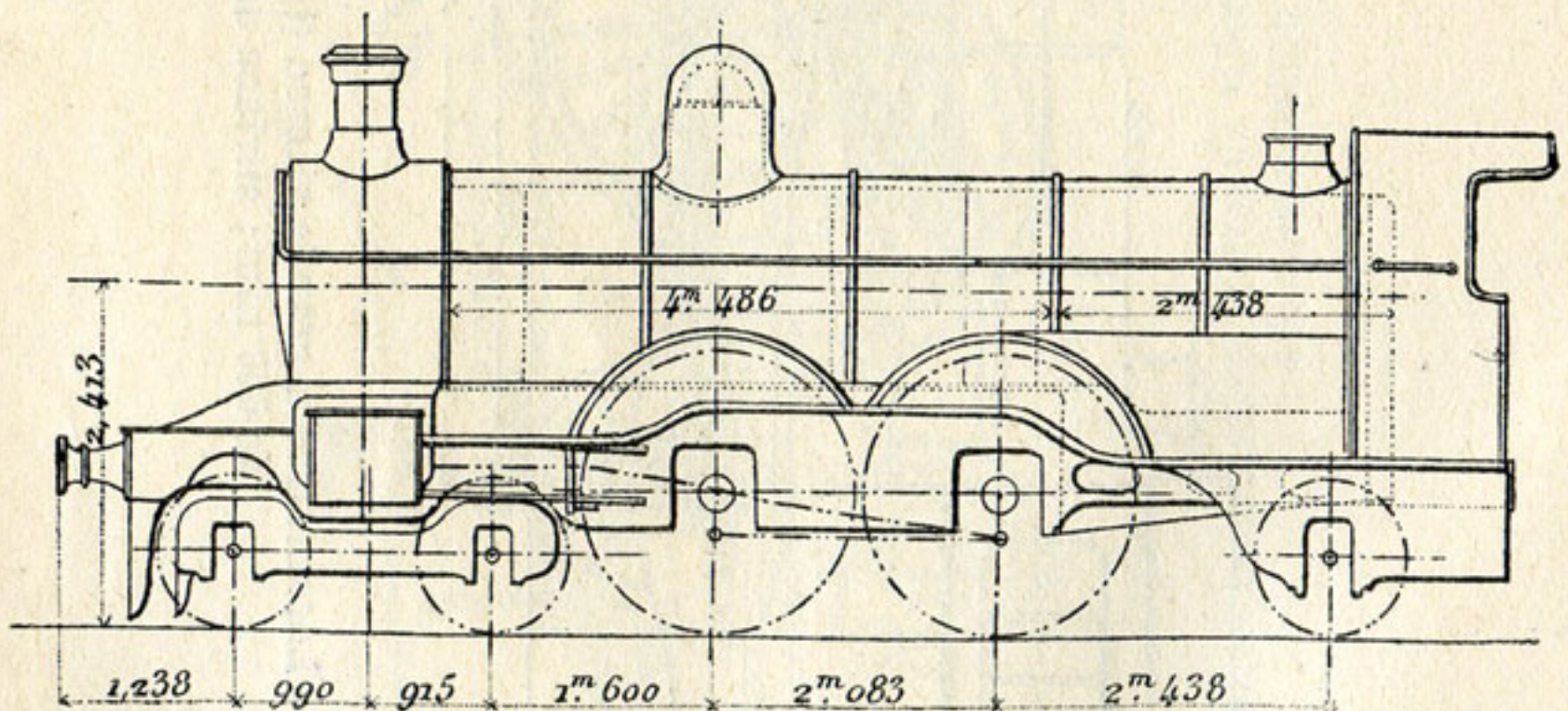


Fig. 250. — Locomotive type « Atlantic » du Great Northern railway.

des locomotives très lourdes, en Amérique (fig. 251), en Allemagne, en Angleterre (fig. 250), en Autriche.

**125. Locomotives compound à deux essieux couplés.** — Avec la disposition compound, si l'on n'a que deux cylindres, ils prennent la

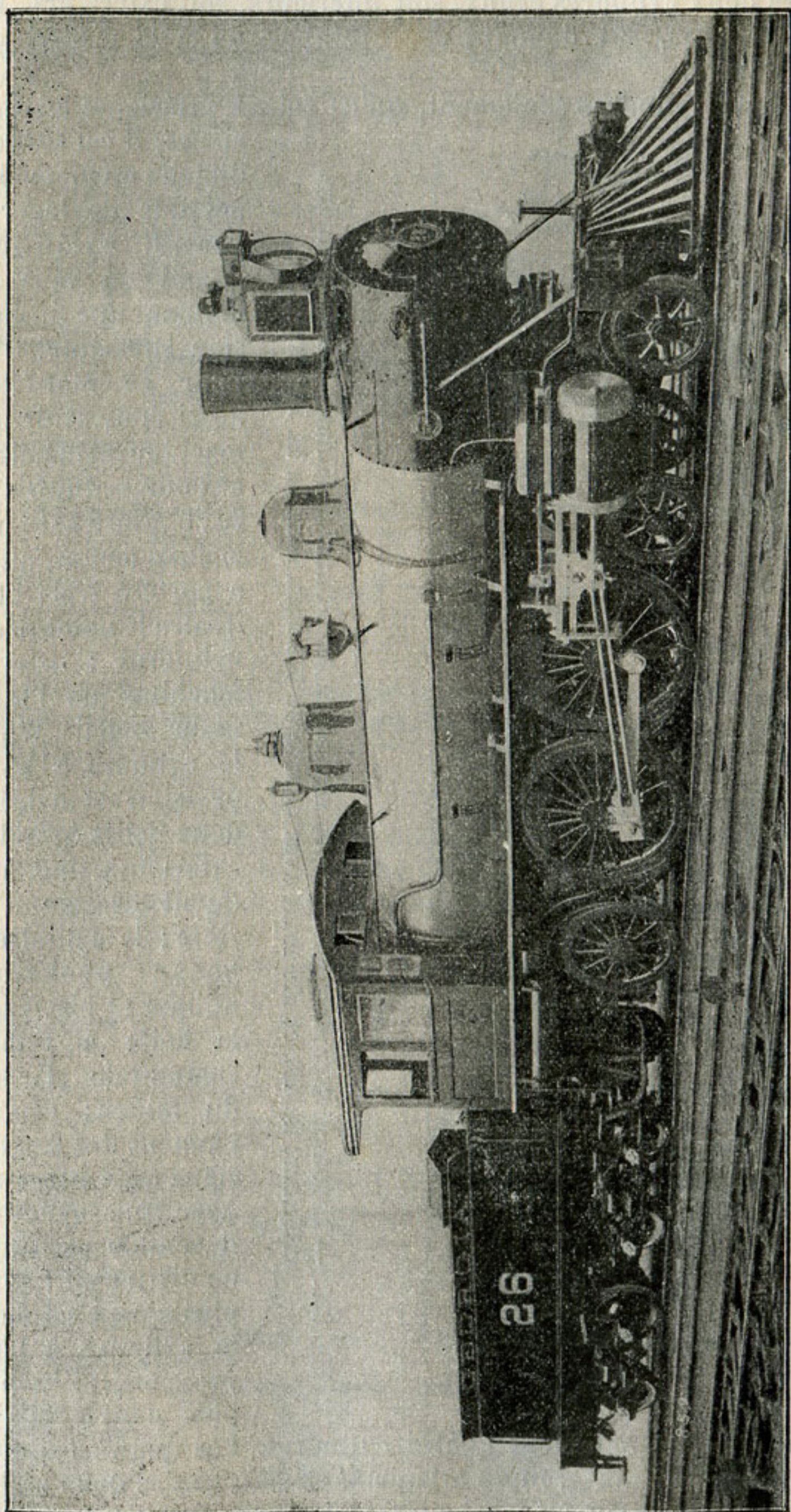


Fig. 251. — Locomotive américaine à deux essieux couplés, avec bogie à l'avant et essieu porteur sous le foyer, construite par les ateliers Baldwin à Philadelphie, vers 1895.



place des deux cylindres égaux, soit intérieurs, soit extérieurs. Les figures 252, 253, 254 donnent des exemples de cette disposition, rare en France.

Avec deux cylindres seulement, qu'ils soient extérieurs ou inté-

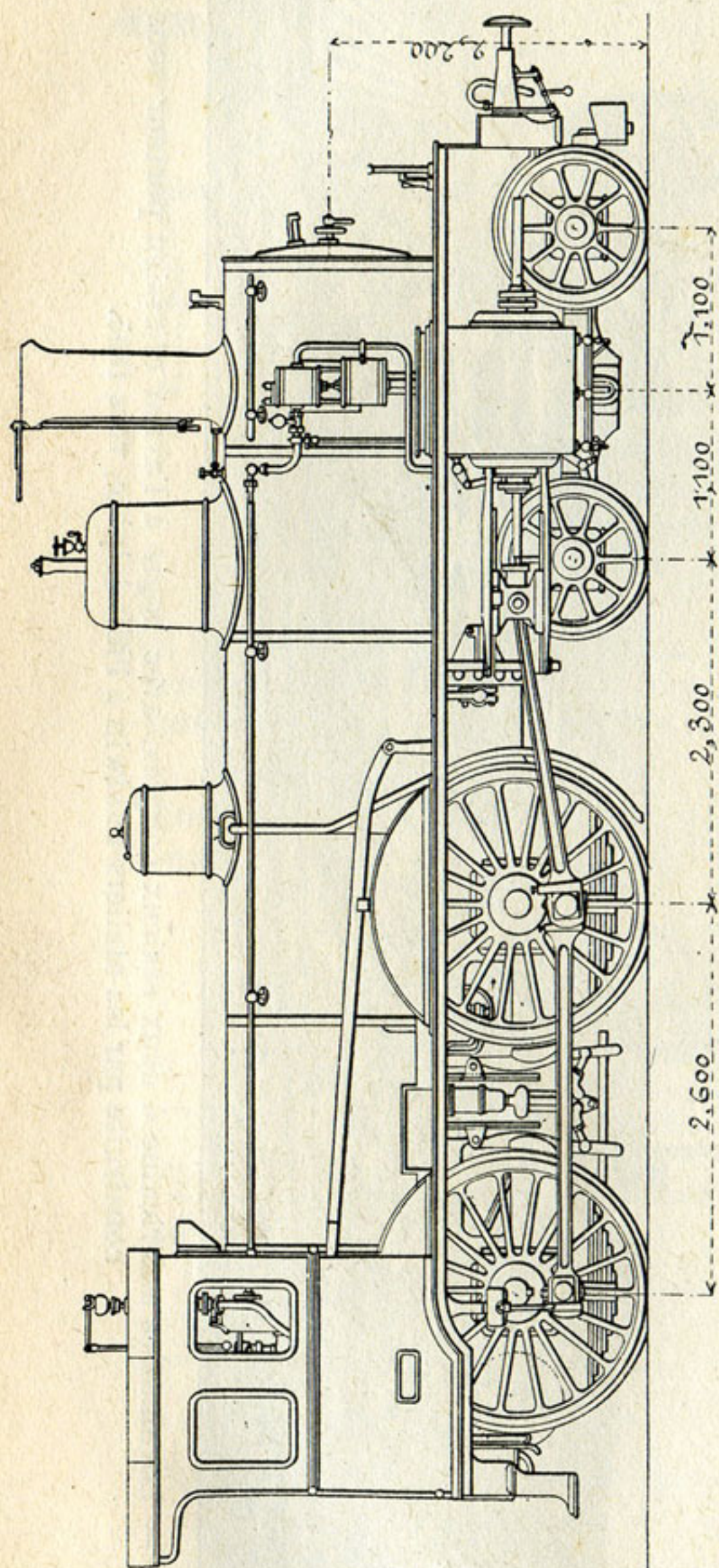


Fig. 252. — Locomotive compound à grande vitesse du Jura-Simplon (Suisse) à deux cylindres extérieurs de 450 et 670 mm, avec course de 650 mm. D'après M. Demoulin.

rieurs, il est souvent difficile ou même 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 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, le cylindre à haute pression est divisé en deux petits cylindres extérieurs, qui attaquent l'essieu d'arrière; le cylindre à basse pression, unique et placé sous la boîte à fumée, commande l'essieu du milieu; l'accouplement des deux essieux a été supprimé. Avec 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. Mais on

emploie plus fréquemment quatre cylindres. Les quatre cylindres peuvent former deux groupes attaquant chacun un des deux essieux moteurs; l'accouplement n'est plus alors indispensable, mais on a trouvé avantageux de le conserver: il rend la machine moins sujette

à patiner, et permet de mieux équilibrer les pièces des mécanismes.

Les locomotives des chemins de fer du Nord, du Midi (fig. 255), de l'Ouest (fig. 256), de Lyon (fig. 257) ont ainsi quatre cylindres commandant deux essieux couplés. Le tableau qui suit donne les prin-

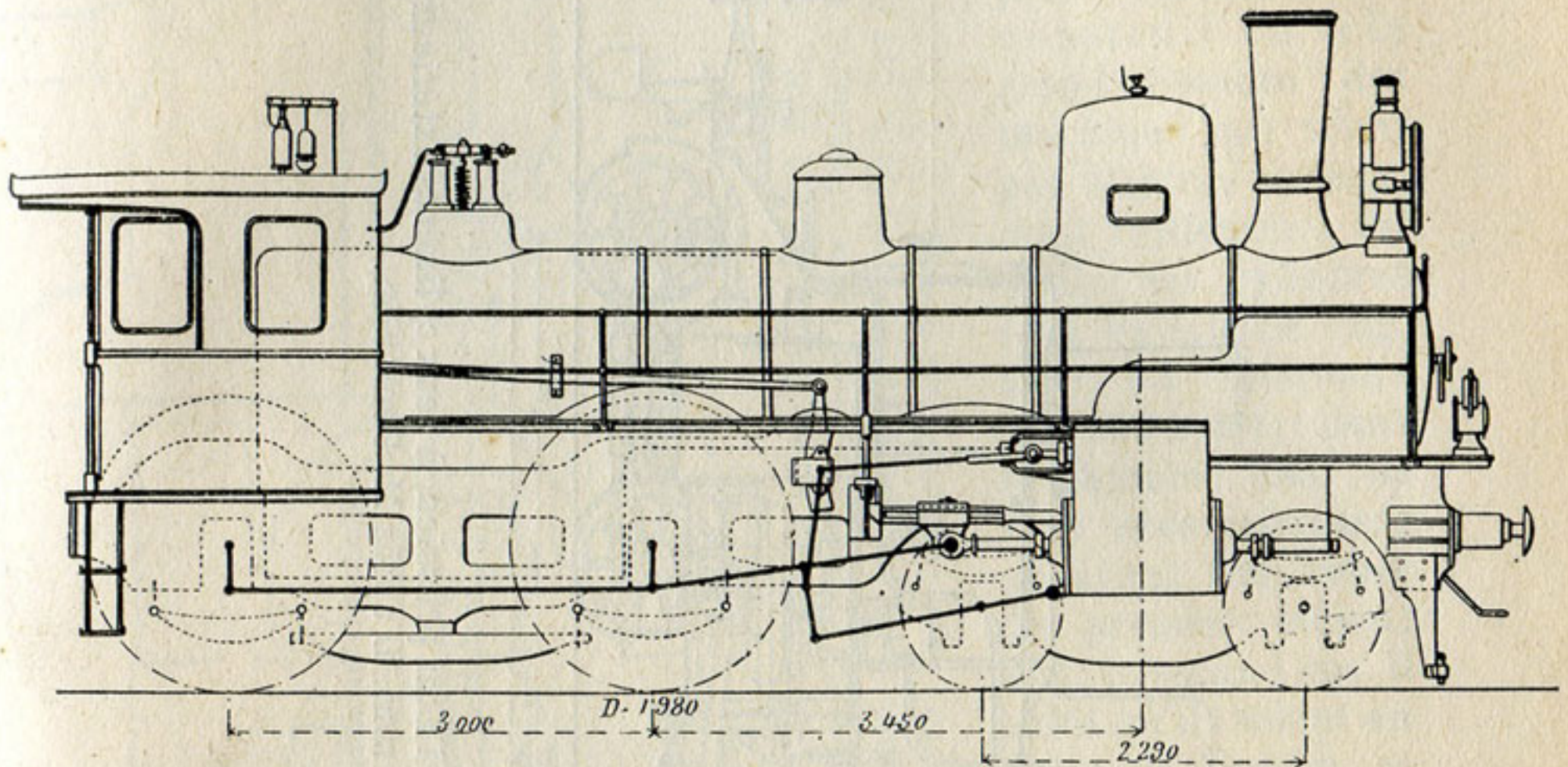


Fig. 253. — Locomotive à grande vitesse de l'État russe, à deux cylindres extérieurs de 460 à 670 mm, avec course de 650 mm. D'après M. Demoulin.

cipales dimensions des différentes locomotives compound à grande vitesse des chemins de fer de Lyon, séries 11-12 (fig. 257), 21-60, en service depuis plusieurs années, et 61-100 construites en 1898.

DÉSIGNATION	c. 11	c. 12	c. 21-60	c. 61-100
	Foyer en acier.	Foyer en cuivre.		
Surface de grille . . . . .	2,43 m <sup>2</sup>	2,38 m <sup>2</sup>	2,38 m <sup>2</sup>	2,48 m <sup>2</sup>
Surface de chauffe du foyer. . .	10,10 m <sup>2</sup>	10,02 m <sup>2</sup>	10,02 m <sup>2</sup>	11,98 m <sup>2</sup>
Surface des tubes à ailettes, à l'intérieur. . . . .	137,99 m <sup>2</sup>	137,99 m <sup>2</sup>	138,05 m <sup>2</sup>	177,60 m <sup>2</sup>
Longueur des tubes . . . . .	3 m	3 m	3 m	3,400 m
Diamètre intérieur des tubes . . .	0,060 m	0,060 m	0,060 m	0,060 m
Timbre de la chaudière. . . . .	15 kg	15 kg	15 kg	15 kg
Diamètre des cylindres à haute pression. . . . .	extérieurs 0,340 m	extérieurs 0,340 m	extérieurs 0,340 m	extérieurs 0,340 m
Diamètre des cylindres à basse pression. . . . .	intérieurs 0,540 m	intérieurs 0,540 m	intérieurs 0,540 m	intérieurs 0,540 m
Course des pistons . . . . .	0,620 m	0,620 m	0,620 m	0,620 m
Diamètre des roues motrices . . .	2 m	2 m	2 m	2 m
Poids de la machine à vide . . . .	44 660 kg	45 490 kg	47 480 kg	51 500 kg
— en service.	47 910 kg	48 740 kg	50 600 kg	55 450 kg

La disposition de la figure 251, qui consiste à ajouter un essieu porteur derrière les deux essieux couplés, est applicable aux locomotives compound à quatre cylindres, et il est probable qu'elle

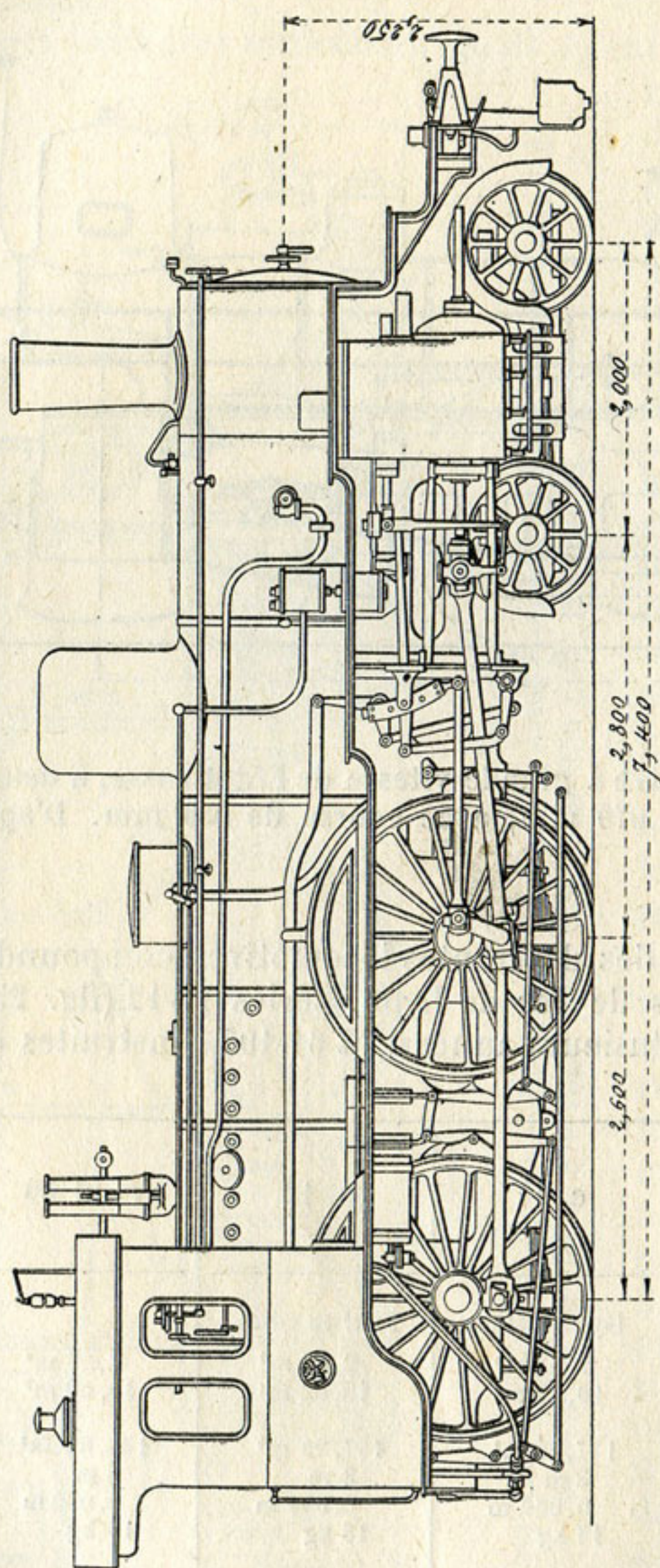


Fig. 254. — Locomotive compound à grande vitesse de l'État prussien, à deux cylindres extérieurs de 460 et 680 mm, avec course de 600 mm. D'après M. Demoulin.

deviendra d'un usage fréquent : elle permet l'emploi d'une forte chaudière, avec une très grande grille; des machines de ce genre sont en construction pour le chemin de fer du Nord.

Les cylindres superposés, et en tandem, sont également employés pour des locomotives à deux essieux couplés.

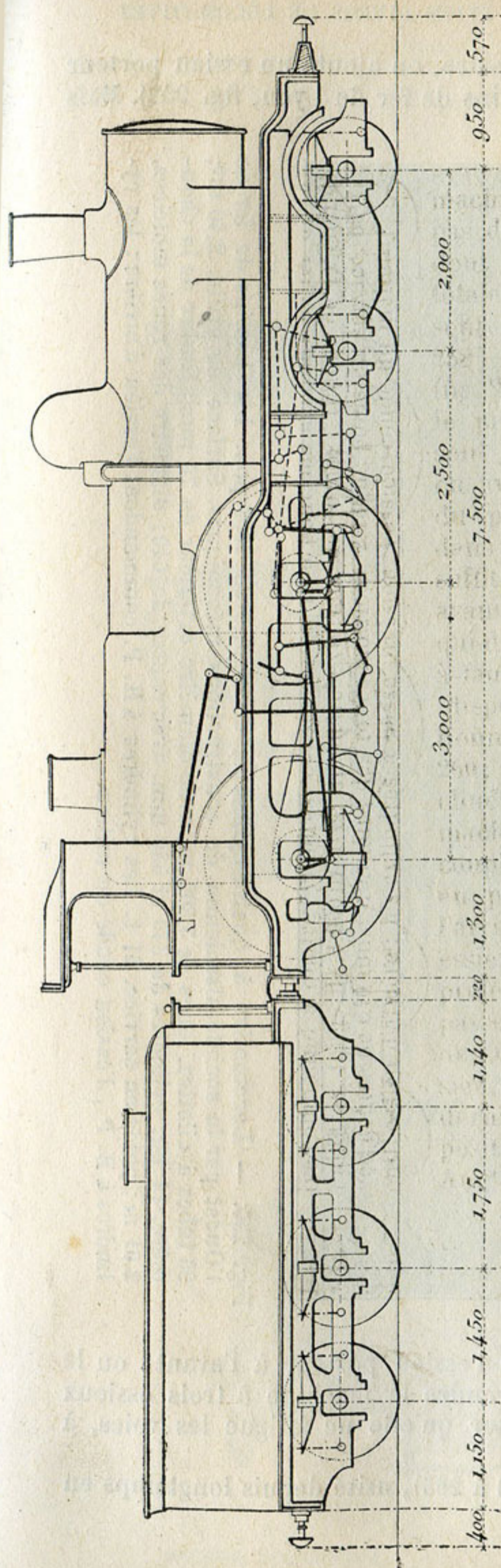


Fig. 255. — Locomotive compound à quatre cylindres, construite en 1896 pour les chemins de fer du Midi. Surface de grille,  $2,46 \text{ m}^2$ ; 111 tubes à ailettes, longs de  $3,900 \text{ m}$  avec diamètre extérieur de  $70 \text{ mm}$ ; timbre de la chaudière,  $14 \text{ kg}$ ; cylindres de  $350$  et  $550 \text{ mm}$  avec course de  $640 \text{ mm}$ ; diamètre des roues motrices,  $2,130 \text{ m}$ ; poids en service,  $55 \text{ t}$ . Les cylindres à haute pression commandent l'essieu d'arrière; les cylindres à basse pression, l'essieu coudé du milieu.

**126. Locomotives à trois essieux couplés.** — L'accouplement de trois essieux est des plus fréquents; on a construit en très grand nombre des machines qui n'ont pas d'autres essieux, dont l'adhérence est totale; les cylindres sont extérieurs (fig. 258) ou intérieurs (fig. 259 à 261); 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, sauf avec la disposition exceptionnelle de la figure 260; l'axe en est incliné. D'anciennes machines à 3 essieux couplés ont un foyer en porte-à-faux, à l'arrière du dernier essieu; mais il est préférable de faire passer le foyer au-dessus du dernier essieu, ou entre les deux derniers essieux, disposition usuelle en Angleterre.

De telles locomotives peuvent être compound (fig. 261).

Quand la machine est trop lourde pour être portée par trois essieux, et quand

l'adhérence totale n'est pas nécessaire, on ajoute un essieu porteur (machines n<sup>os</sup> 3001-3140 des chemins de fer de Lyon, fig. 262). Mais

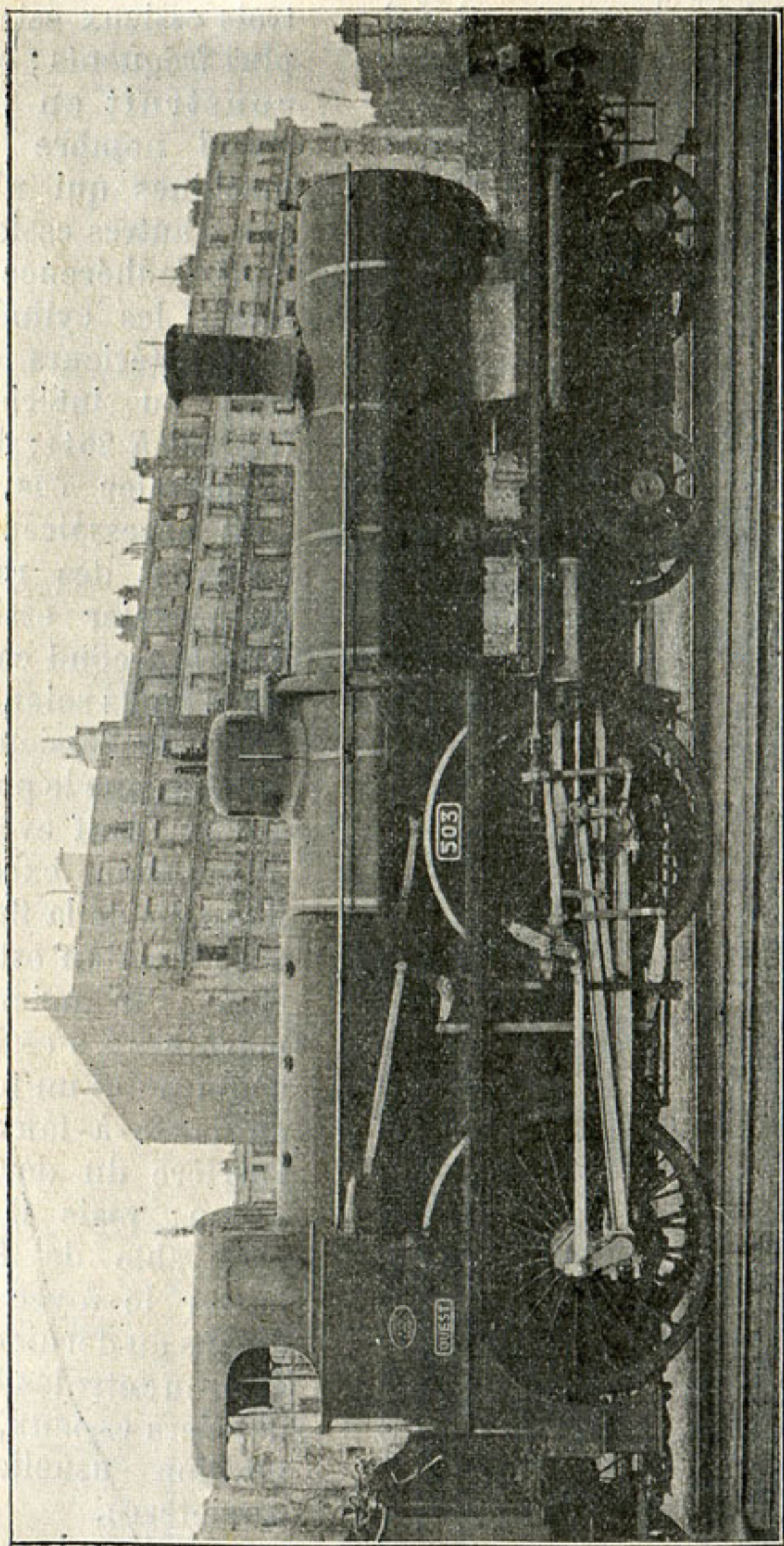
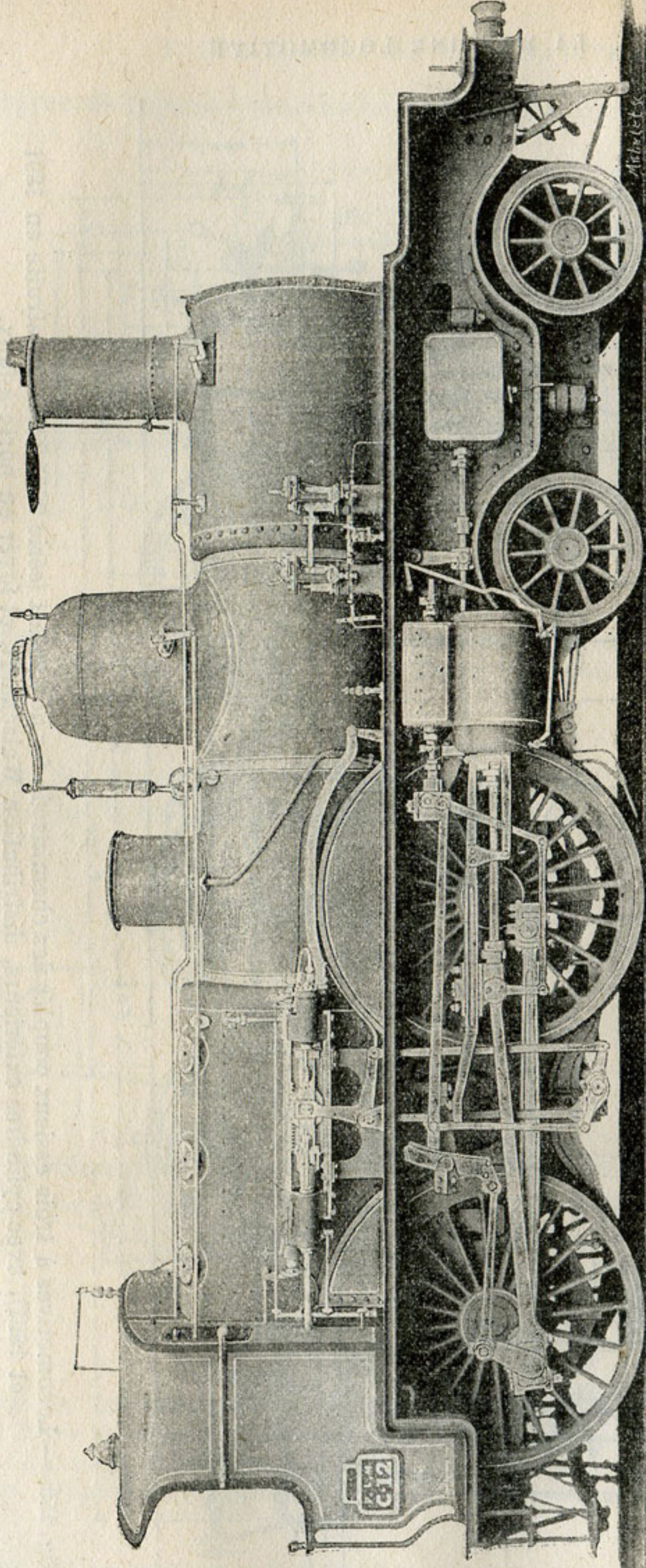


Fig. 256. — Locomotive à quatre cylindres, construite en 1898 pour les chemins de fer de l'Ouest par la société alsacienne de constructions mécaniques. Surface de grille, 2,40 m<sup>2</sup>; 96 tubes à ailettes, longs de 3,800 m, avec diamètre extérieur de 70 mm; timbre de la chaudière, 14 kg; cylindres de 340 et 530 mm, avec course de 640; diamètre des roues motrices, 2,01 m; poids en service, 51 t. Les cylindres à H. P. commandent l'essieu d'arrière; les cylindres à B. P., l'essieu coudé du milieu.

on préfère généralement placer l'essieu porteur à l'avant, ou le remplacer par un bogie, pour rendre la machine à trois essieux couplés plus stable, et pour éviter qu'elle ne fatigue les voies, à grande vitesse.

Ce type de locomotive (fig. 263 à 265), usité depuis longtemps en



MACHINE LOCOMOTIVE.

Fig. 257. — Locomotive compound à quatre cylindres et à bogie, série C 11 12, des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée.

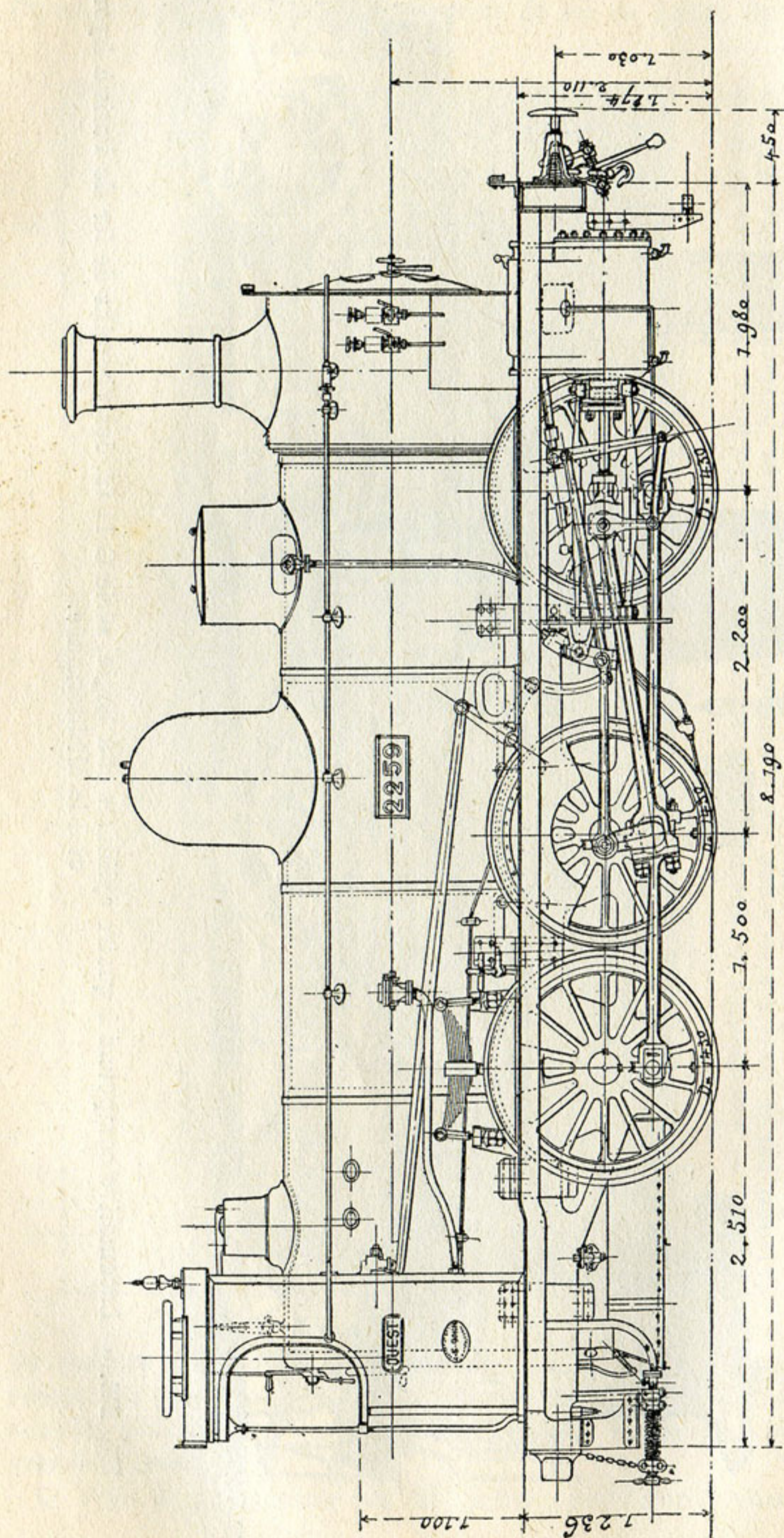


Fig. 258. — Locomotives à trois essieux couplés des chemins de fer de l'Ouest (série 2245-2259, construite en 1891 et 1892), avec cylindres extérieurs, distribution Walschaert, et foyer en porte-à-faux.

Amérique, se répand beaucoup en Europe. Il convient également à la

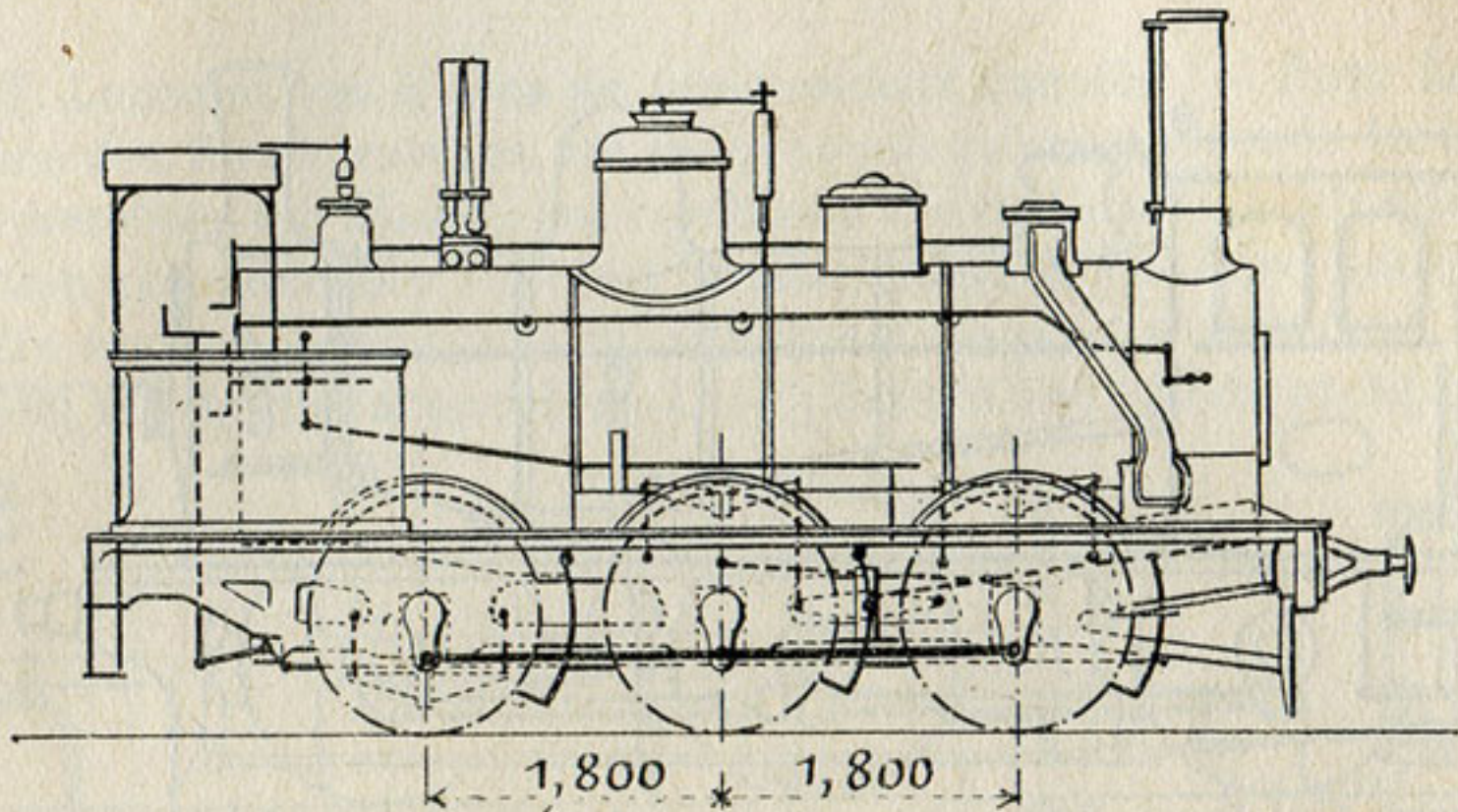


Fig. 259. — Locomotives à 3 essieux couplés du chemin de fer du Nord (séries 3606-3620, 3773-3787), avec foyer au-dessus de l'essieu d'arrière. D'après M. Demoulin.

traction des trains de marchandises et des trains de voyageurs. En augmentant le diamètre des roues motrices, on permet de grandes

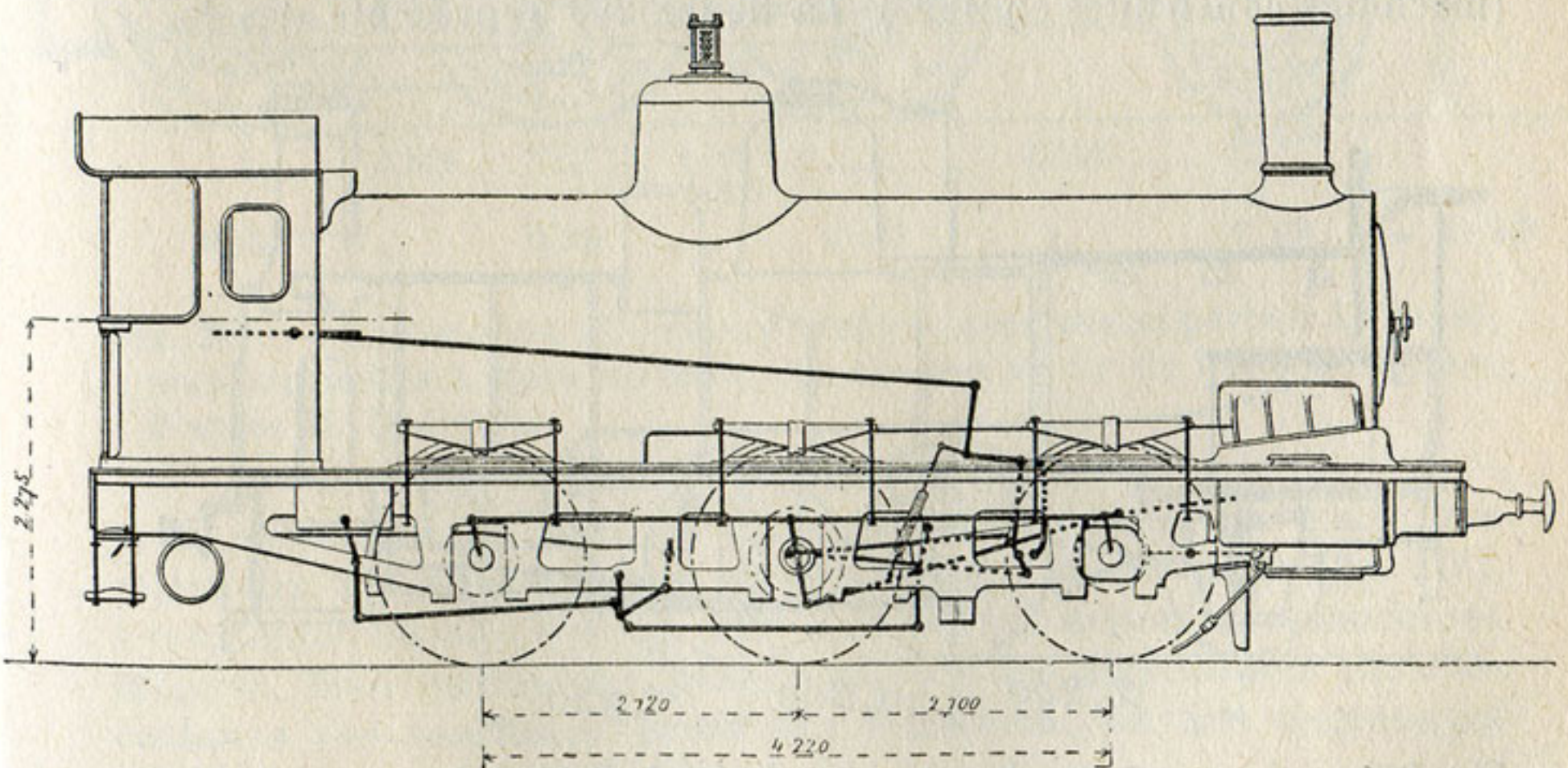


Fig. 260. — Locomotives des chemins de fer de l'Est (série 3001-3015), avec foyer au-dessus du foyer, et cylindres intérieurs assemblés contre des longerons extérieurs; par suite, les cylindres sont en avant des roues. D'après M. Demoulin.

vitesse, et on obtient ainsi des machines qui peuvent remorquer des trains express très lourds.



On a récemment construit des locomotives compound de ce genre, avec quatre cylindres. Telles sont les locomotives des chemins de fer

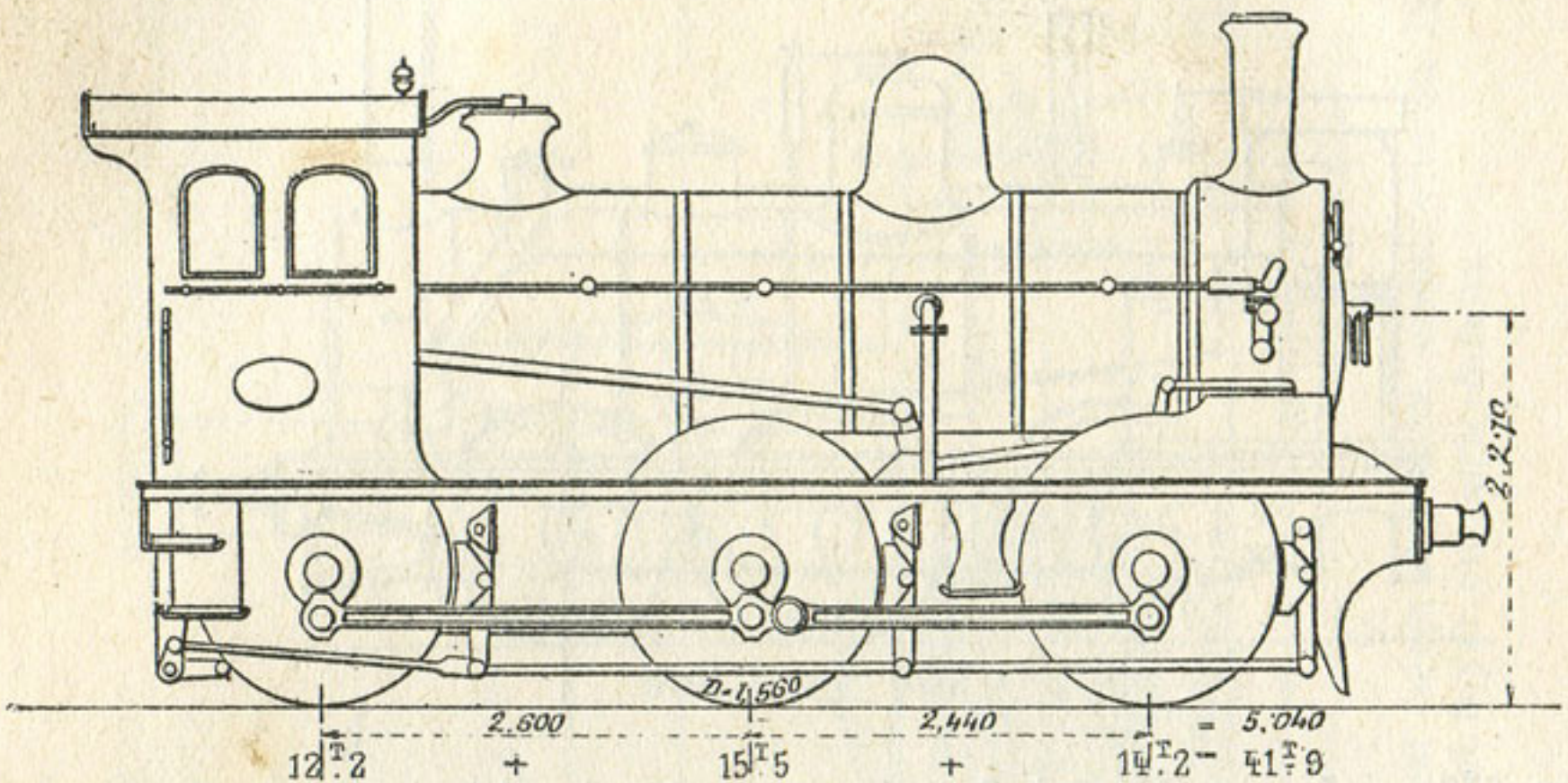


Fig. 261. — Locomotive compound à deux cylindres intérieurs et à 3 essieux couplés, construite en 1886 pour le North Eastern railway. D'après M. J. Morandière.

du Midi (fig. 266 et 267), avec deux diamètres différents de roues couplées, des chemins de fer du Nord, de l'Est (fig. 268), de l'Ouest (machines construites en 1899). La figure 269 représente des loco-

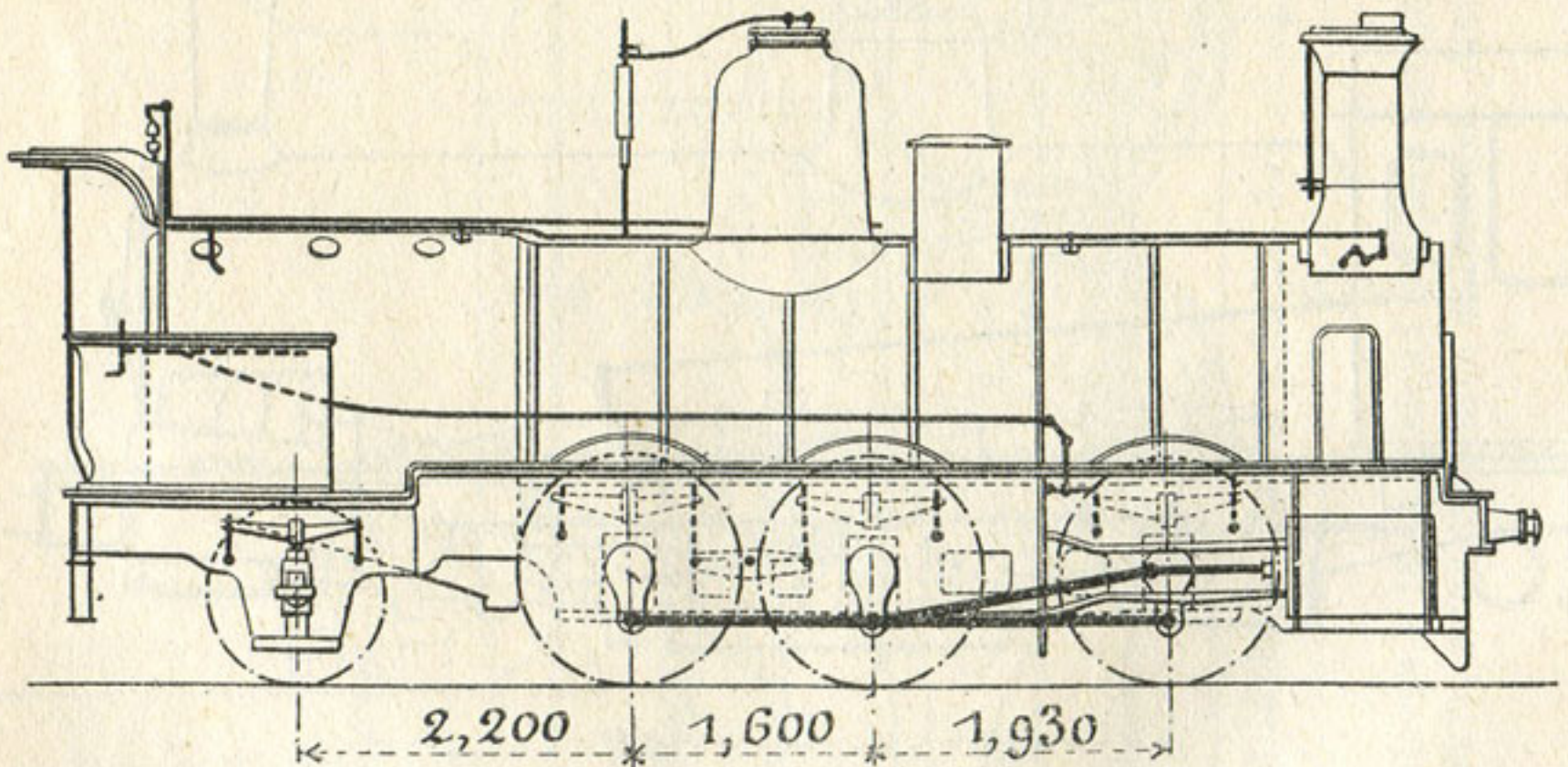


Fig. 262. — Locomotives des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, à 3 essieux couplés et à essieu porteur sous le foyer (série 3001-3140). D'après M. Demoulin.

motives analogues en service sur le chemin de fer du Gothard, mais avec les cylindres à basse pression placés à l'extérieur, tandis que les cylindres à basse pression des locomotives des chemins de fer français sont intérieurs. Les cylindres superposés, du système Vau-

clain, se voient sur la figure 270, représentant une locomotive construite aux Etats-Unis pour la Russie.

**127. Locomotives à plus de trois 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 les faire porter sur quatre essieux, avec roues généralement de petit diamètre (1,200 m à 1,400 m), toutes accouplées. Les cylindres sont alors presque tou-

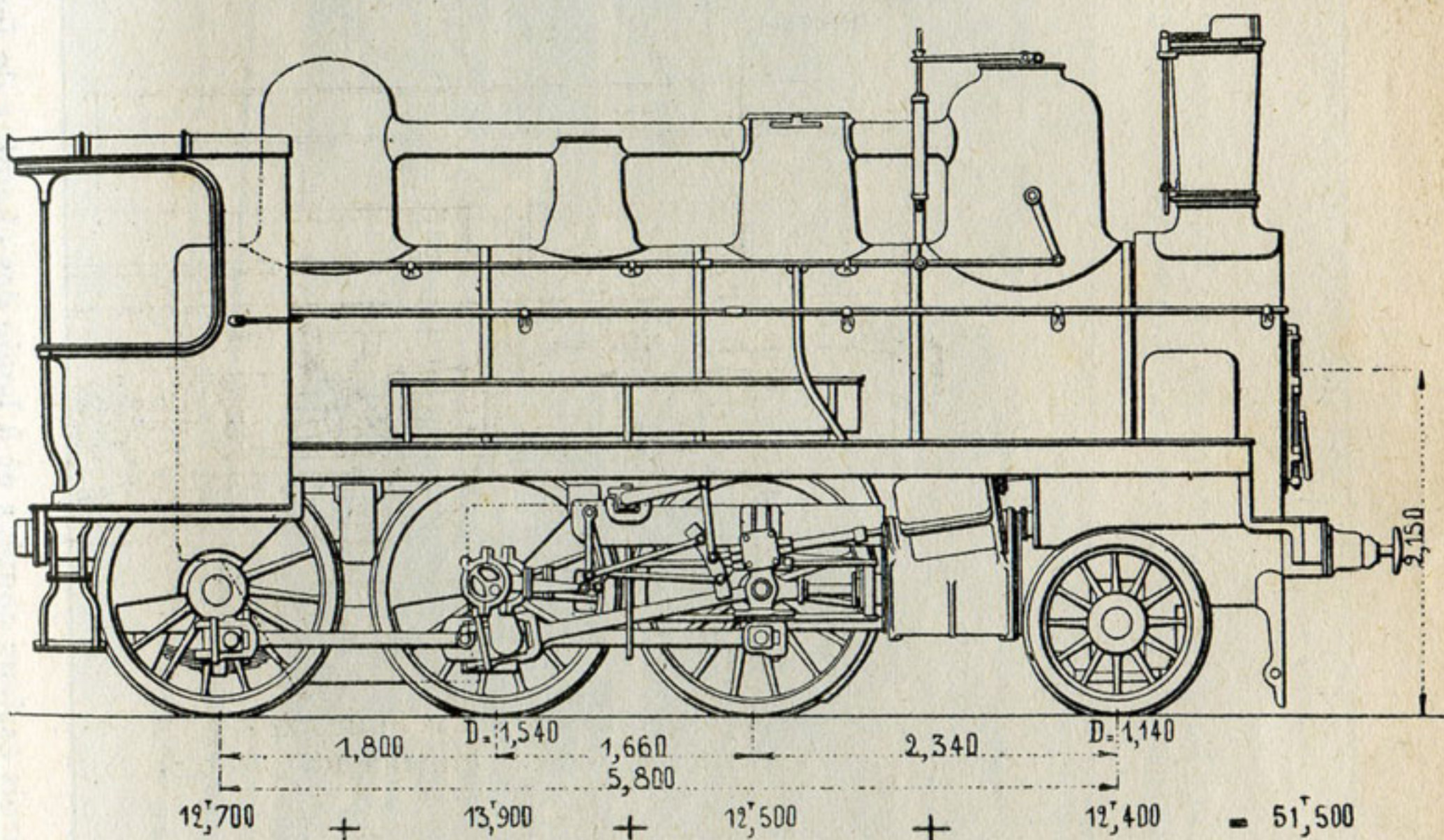


Fig. 263. — Locomotive à 3 essieux couplés, avec essieu porteur à l'avant, muni de boîtes à plans inclinés, du chemin de fer de Paris à Orléans. D'après M. Demoulin.

jours extérieurs. Le foyer est en porte-à-faux derrière le quatrième essieu (fig. 271 et 272), ou bien placé au-dessus de cet essieu (fig. 275). Les locomotives de l'Est (fig. 272) sont parfois dénommées machines Engerth, bien qu'elles ne présentent pas les dispositions caractéristiques des machines primitives d'Engerth, où des engrenages reliaient deux groupes d'essieux.

L'idée est logique d'employer pour l'adhérence, dans des machines où elle est souvent insuffisante, le poids du tender, qu'on est obligé de remorquer; 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.

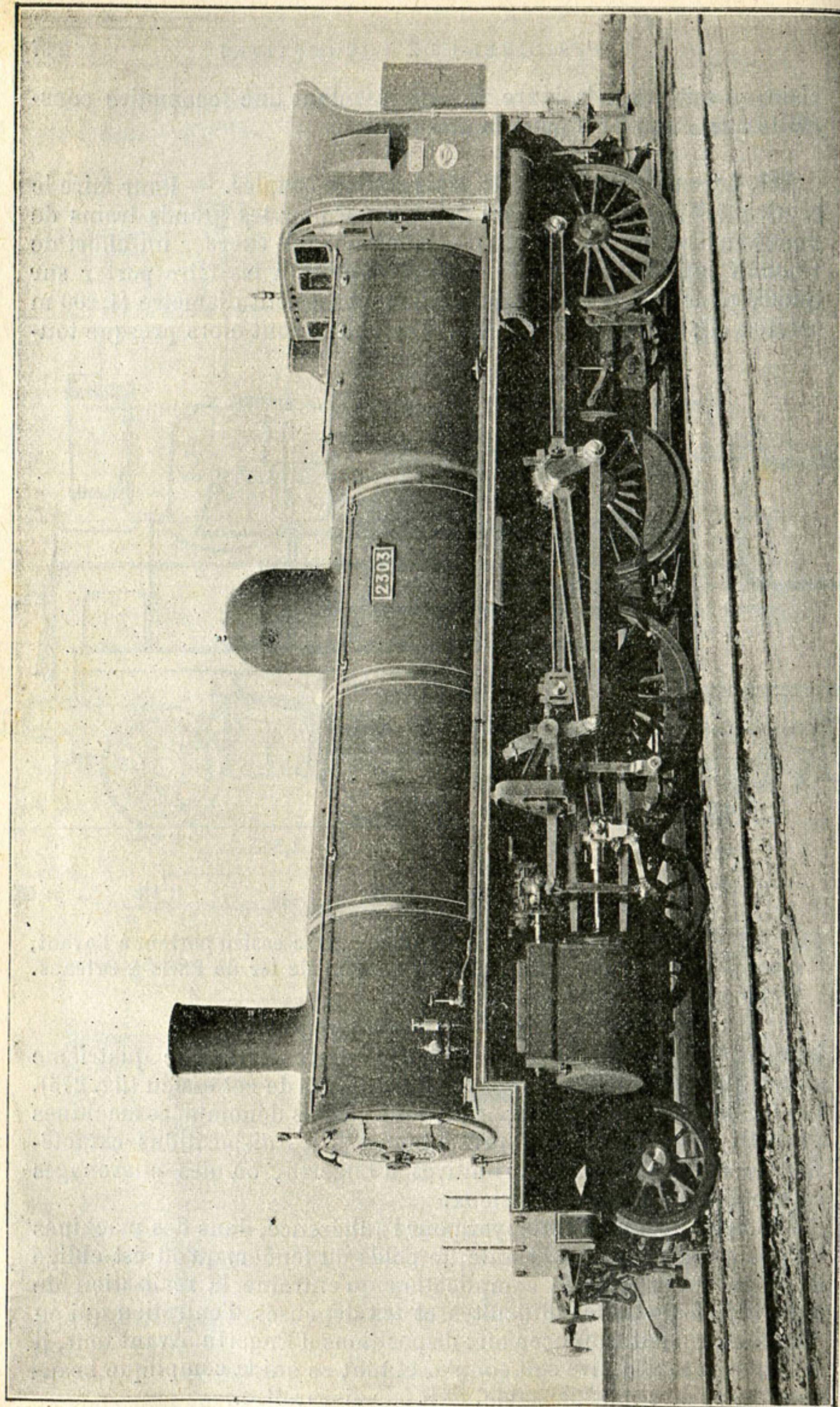


Fig. 264. — Locomotive à trois essieux couplés et à bogie des chemins de fer de l'Ouest.

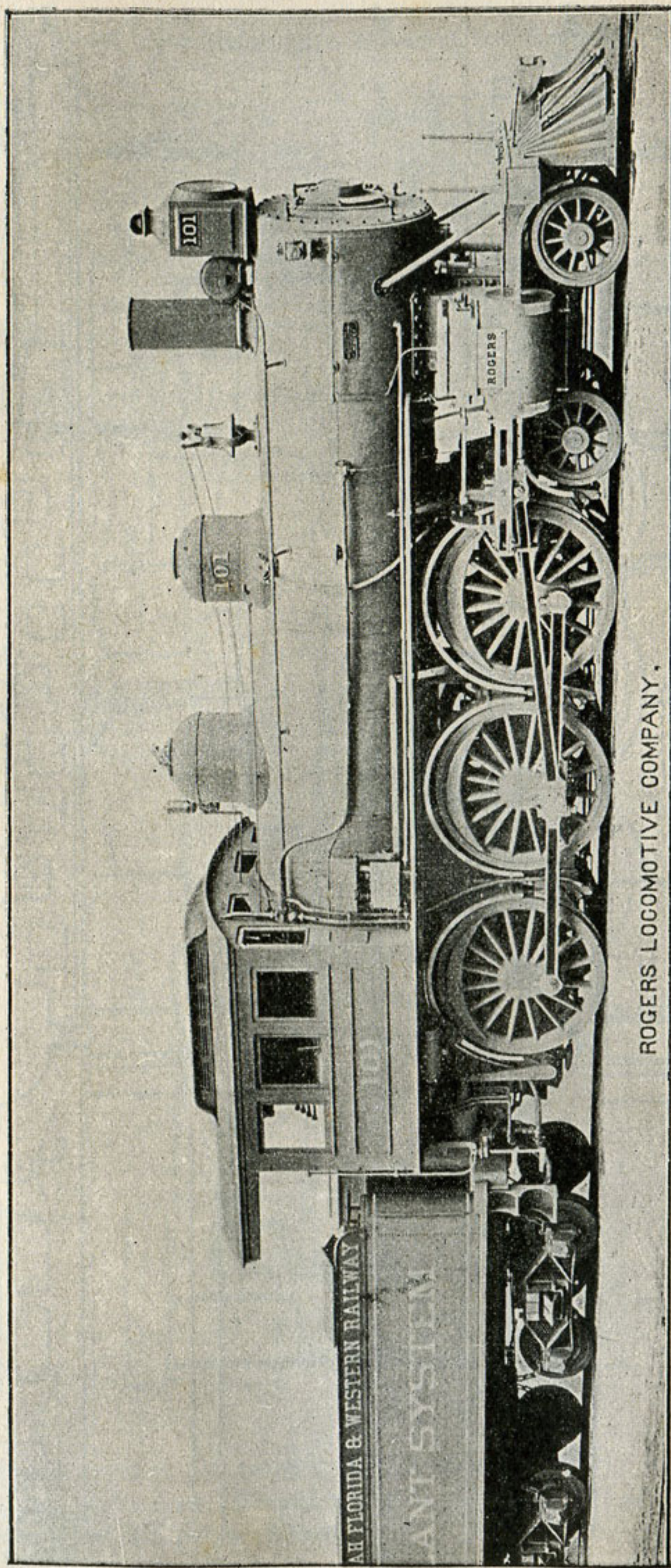


Fig. 265. — Locomotive à 3 essieux couplés, construite en 1895 par la *Rogers Locomotive Co.* Cylindres de 508 mm sur 610 mm ; diamètre des roues motrices, 1,830 m ; poids en service, 68 000 kg ; poids adhérent, 50 000 kg.

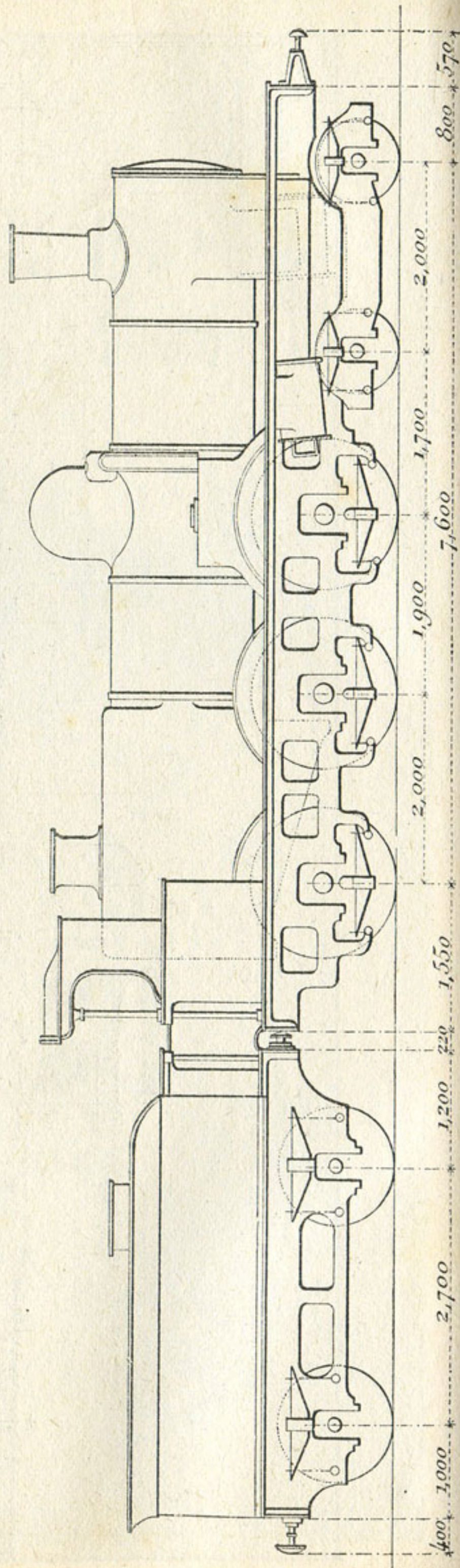
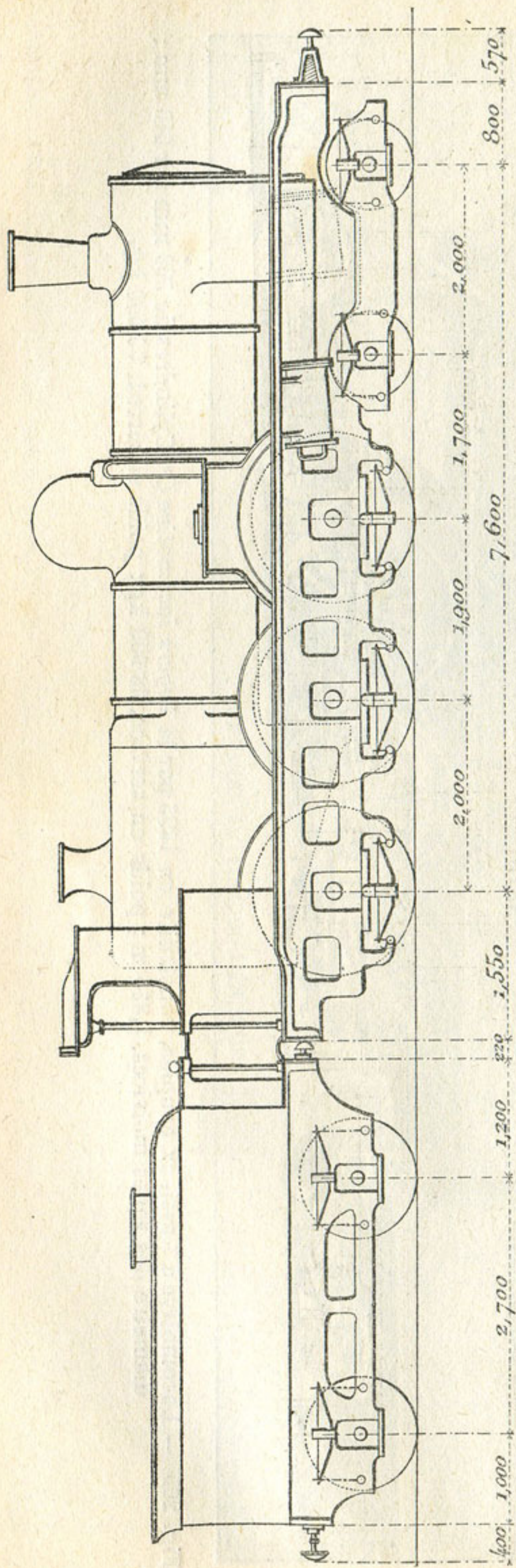


Fig. 266 et 267. — Locomotives compound des chemins de fer du Midi, à roues de 1,750 et 1,600 m (voir tableau p. 216 et 217.)

On peut en dire autant des locomotives à tender moteur, quel-

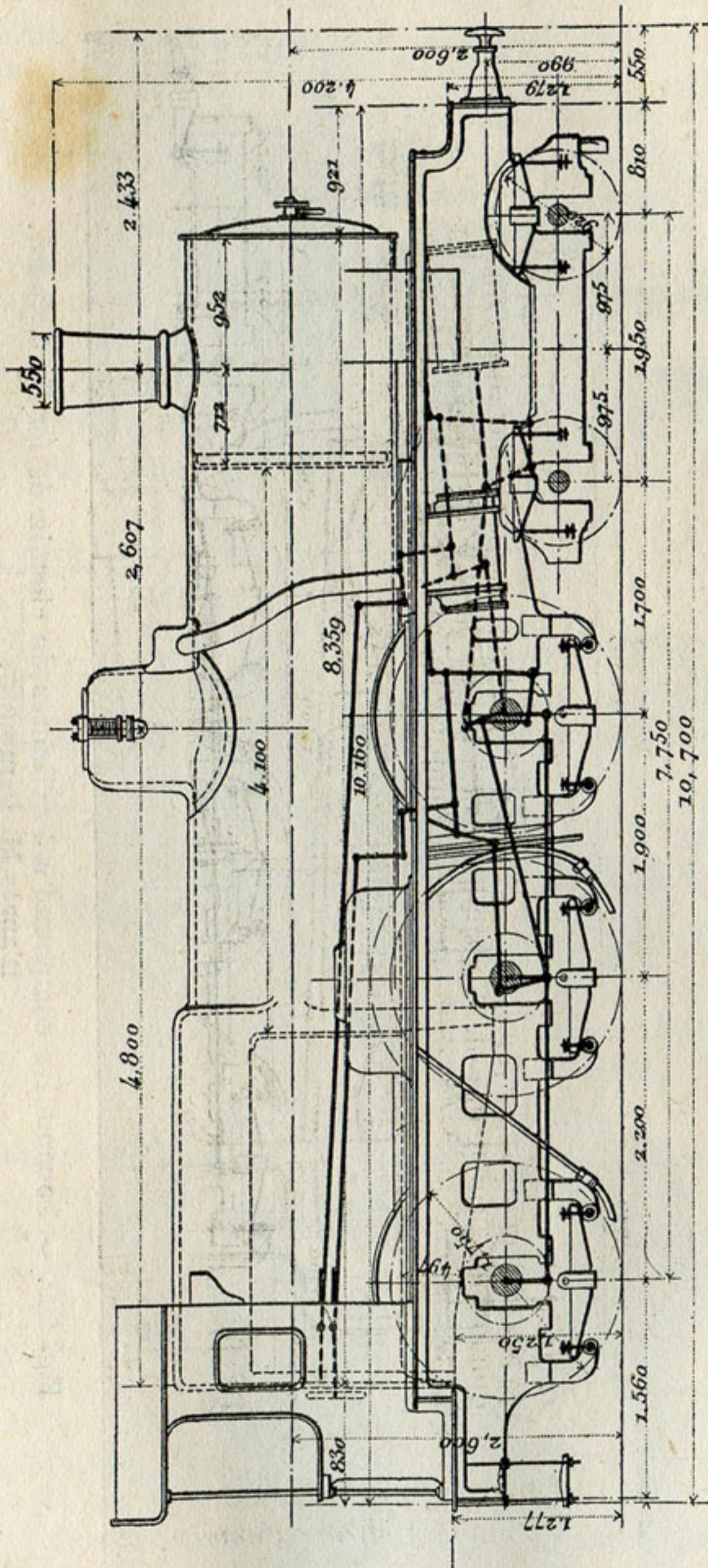


Fig. 268. — Locomotives compound à 4 cylindres, nos 3401 à 3415 des chemins de fer de l'Est (voir les dimensions principales au tableau des pages 216 et 217); poids en service, 63 900 kg; poids adhérent, 46 500 kg; nombre de tubes, à ailettes, 130; diamètre, extérieur des tubes, 70 mm; longueur des tubes entre plaques, 4,100 m.

quefois essayées : le tender portait deux cylindres avec mécanisme complet, cylindres alimentés par la chaudière de la locomotive, qui risquait fort d'être insuffisante.

Le système compound s'applique également aux locomotives à

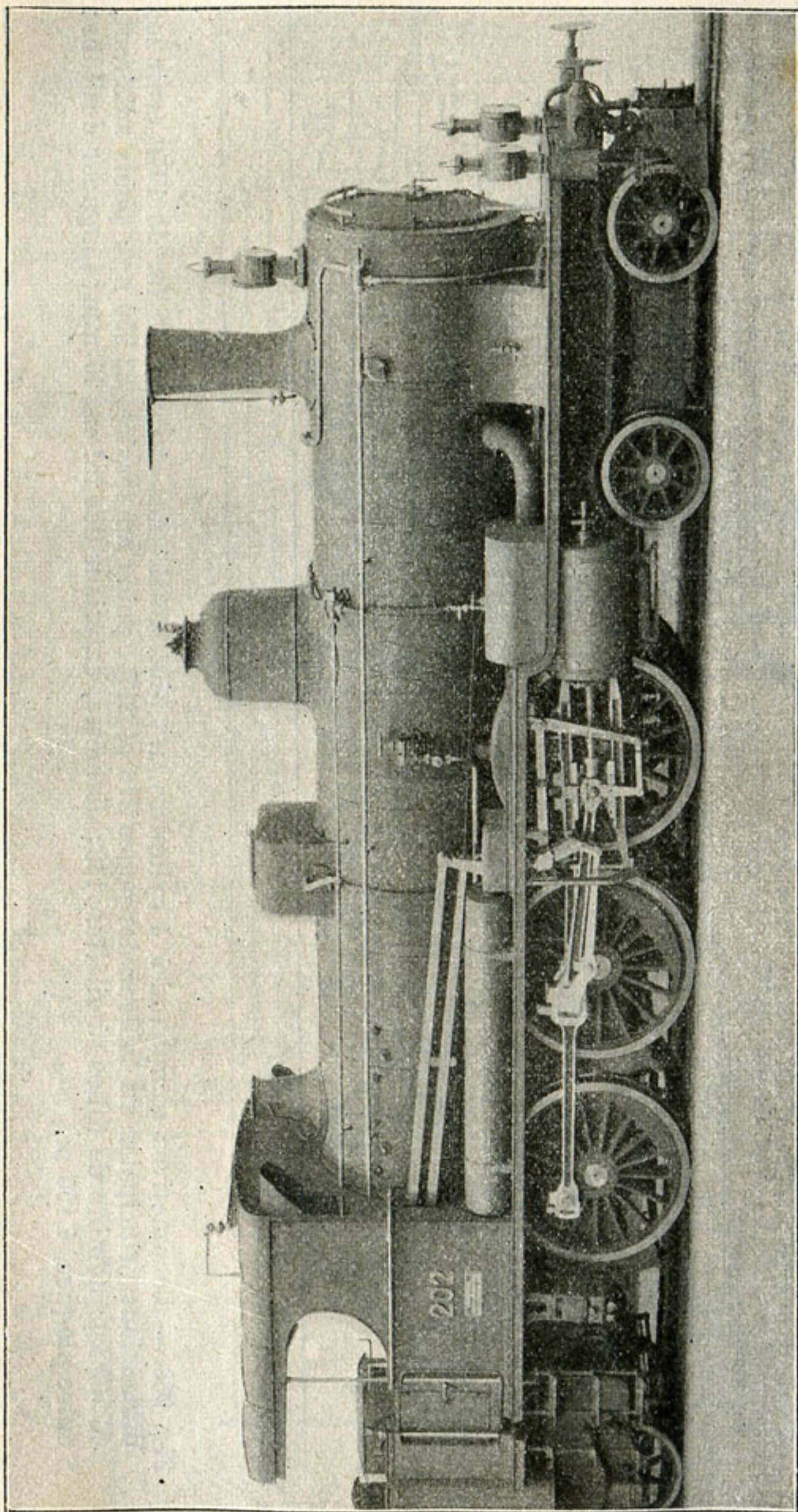


Fig. 269. — Locomotive compound à 4 cylindres du chemin de fer du Gothard.

D'après M. Demoulin.

Voir tableau des pages 216 et 217; poids total en service, 65 t; poids adhérent 45 t.

4 essieux couplés : c'est ainsi que les locomotives nos 3211-3260, 3301-3362 des chemins de fer de Lyon ont 4 cylindres, les cylindres

à haute pression étant intérieurs (fig. 273 et 274) ; le diamètre des roues est de 1,500 m, de sorte que ces locomotives peuvent remorquer des trains lourds de marchandises avec une vitesse assez grande.

Les locomotives à 4 essieux couplés peuvent avoir, en avant des cylindres, un essieu porteur articulé, ou un bogie sous les cylindres ; ces dispositions, fréquentes en Amérique (fig. 276), se voient quelquefois en Europe (fig. 277).

On emploie même des locomotives à 5 essieux couplés, auxquels on peut ajouter un essieu porteur (fig. 278).

**128. Locomotives-tenders.** — En faisant porter à la locomotive ses approvisionnements d'eau et de combustible, on supprime le tender, et d'importants avantages résultent de cette suppression :

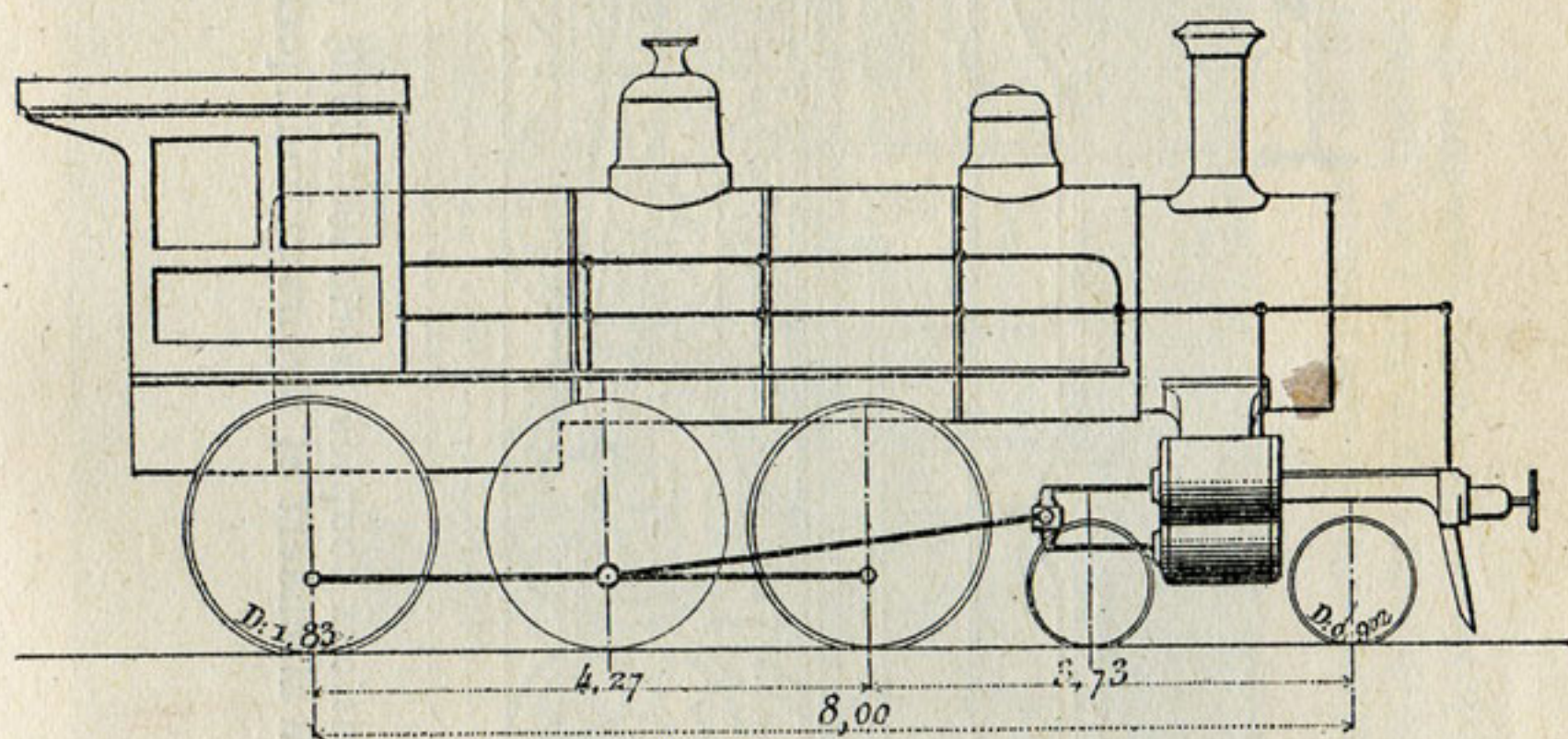


Fig. 270. — Locomotive du système Vaucrain, pour les chemins de fer russes.

débarrassée de ce véhicule supplémentaire, la machine est plus courte, plus compacte, plus commode pour les manœuvres dans les gares ; elle peut être disposée de manière à circuler aussi bien dans un sens que dans l'autre, ce qui est précieux pour les services d'embranchements et de banlieue ; ou bien, si l'on ne profite pas de cette facilité, la machine, grâce à son peu de longueur, trouve plus facilement des plaques qui peuvent la tourner ; le poids total est réduit par suite de la suppression du tender, réduction importante sur les fortes rampes ; de plus, ce poids total est utilisable pour l'adhérence.

La difficulté de faire porter par les machines-tenders 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. 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

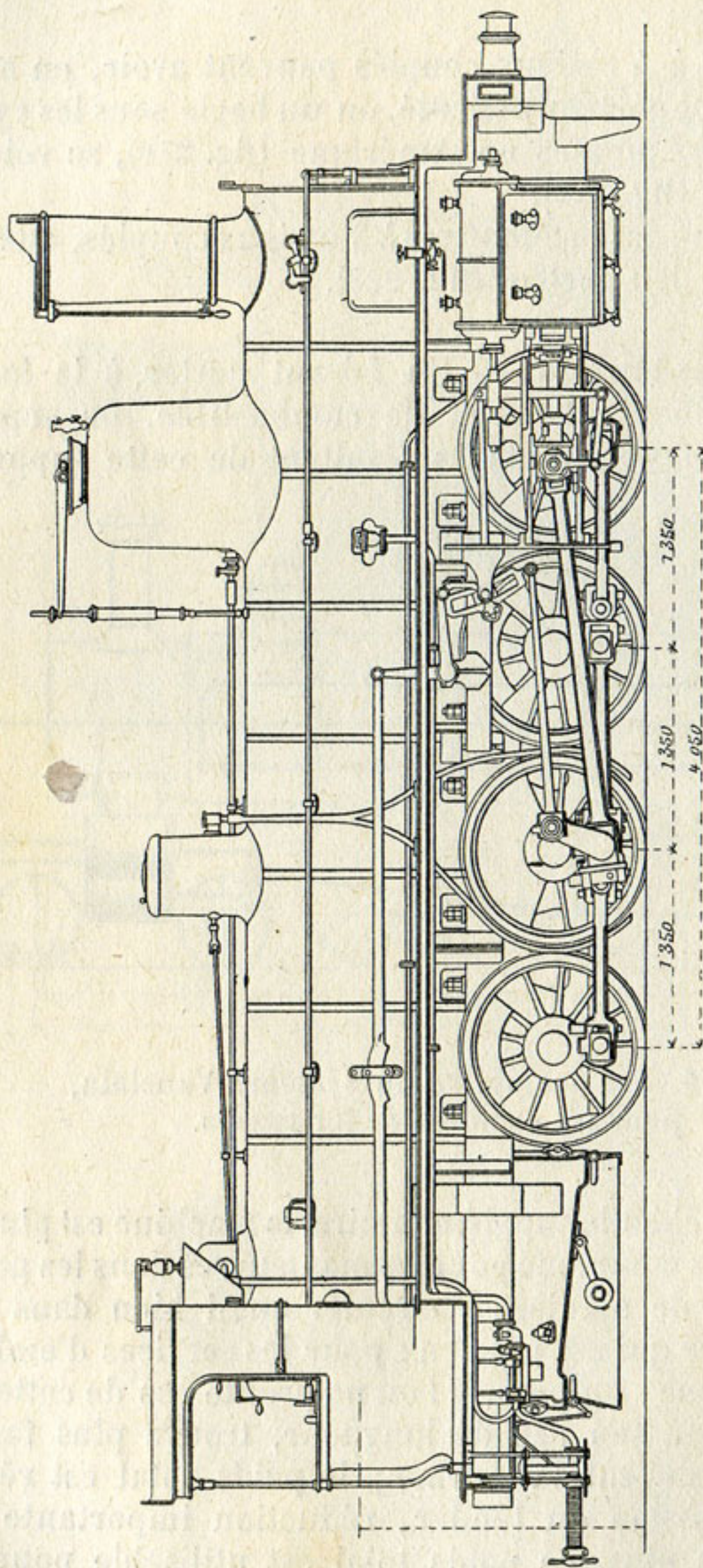


Fig. 271. — Locomotives à 4 essieux couplés (série 4001-4040) des chemins de fer de l'État français, avec distribution Walschaert et tiroirs cylindriques. D'après M. Demoulin.

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 le levier de changement de marche paraît préférable à la vis pour ces machines. Le frein doit aussi s'appliquer facilement : le plus simple est de faire serrer les

sabots au moyen d'un cylindre, où l'on envoie la vapeur en ouvrant

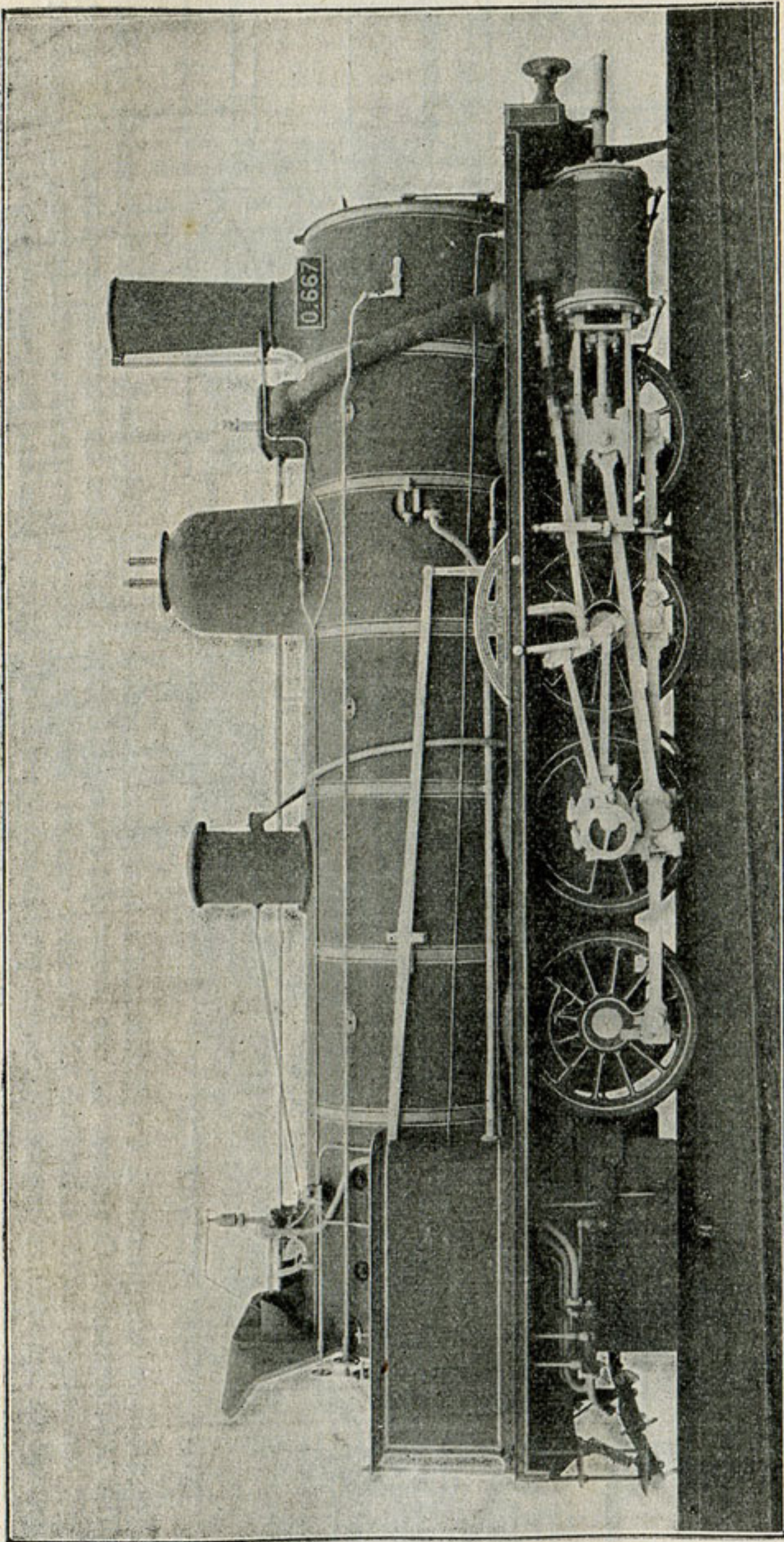


Fig. 272. — Locomotive à quatre essieux couplés des chemins de fer de l'Est. D'après M. Demoulin.  
 Surface de grille, 1,92 m<sup>2</sup>; surface de chauffe totale, 184,4 m<sup>2</sup>; timbre, 9 kg; diamètre des cylindres, 500 mm; course des pistons, 660 mm; diamètre des roues, 1,26 m.

un robinet. Ces machines ont 2, 3 ou 4 essieux couplés, le plus souvent trois (fig. 279).

Les machines-tenders destinées à la remorque des trains ont égale-

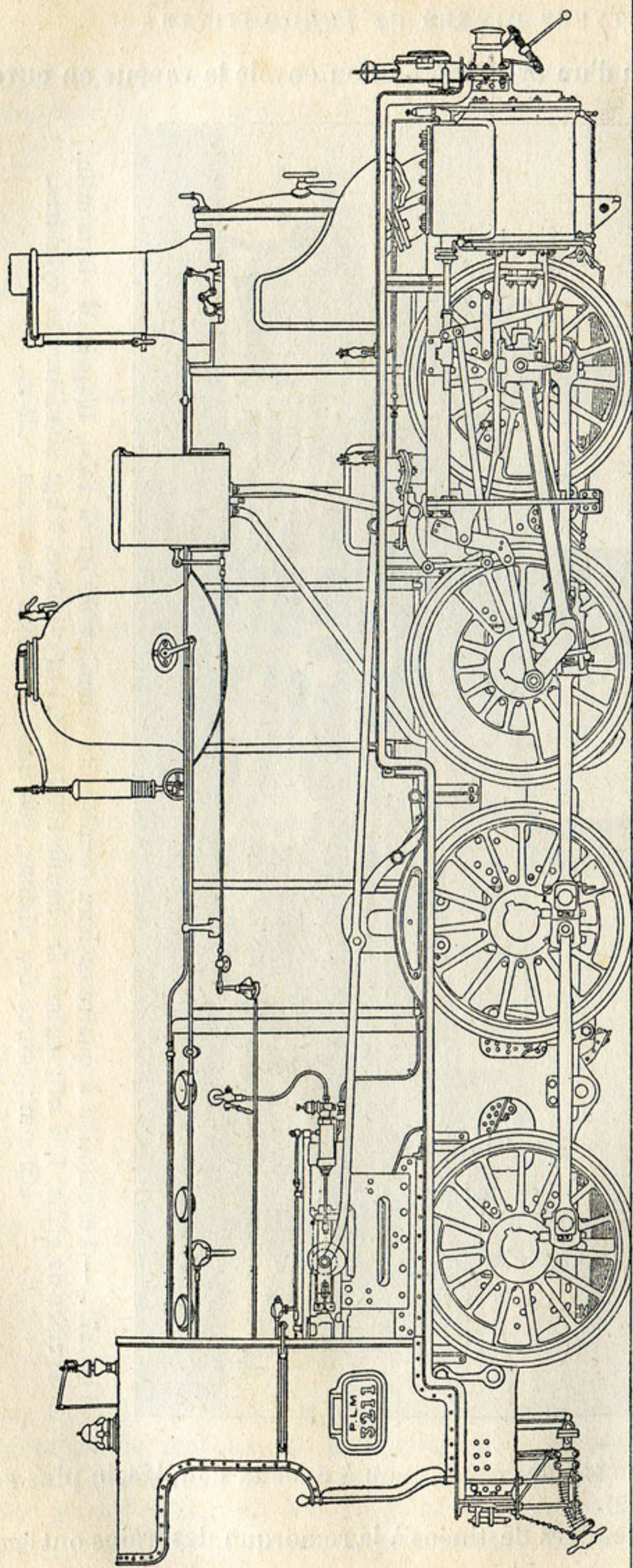


Fig. 273. — Locomotives compound à 4 cylindres et à 4 essieux couplés, nos 3211-3260, 3301-3362, des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée. Certaines de ces locomotives, spécialement affectées au service des trains de voyageurs, ont été modifiées ; un bogie a été substitué au premier essieu couplé. D'autres locomotives compound à 4 essieux couplés du même chemin de fer ont les quatre cylindres placés en ligne et attaquant le même essieu.

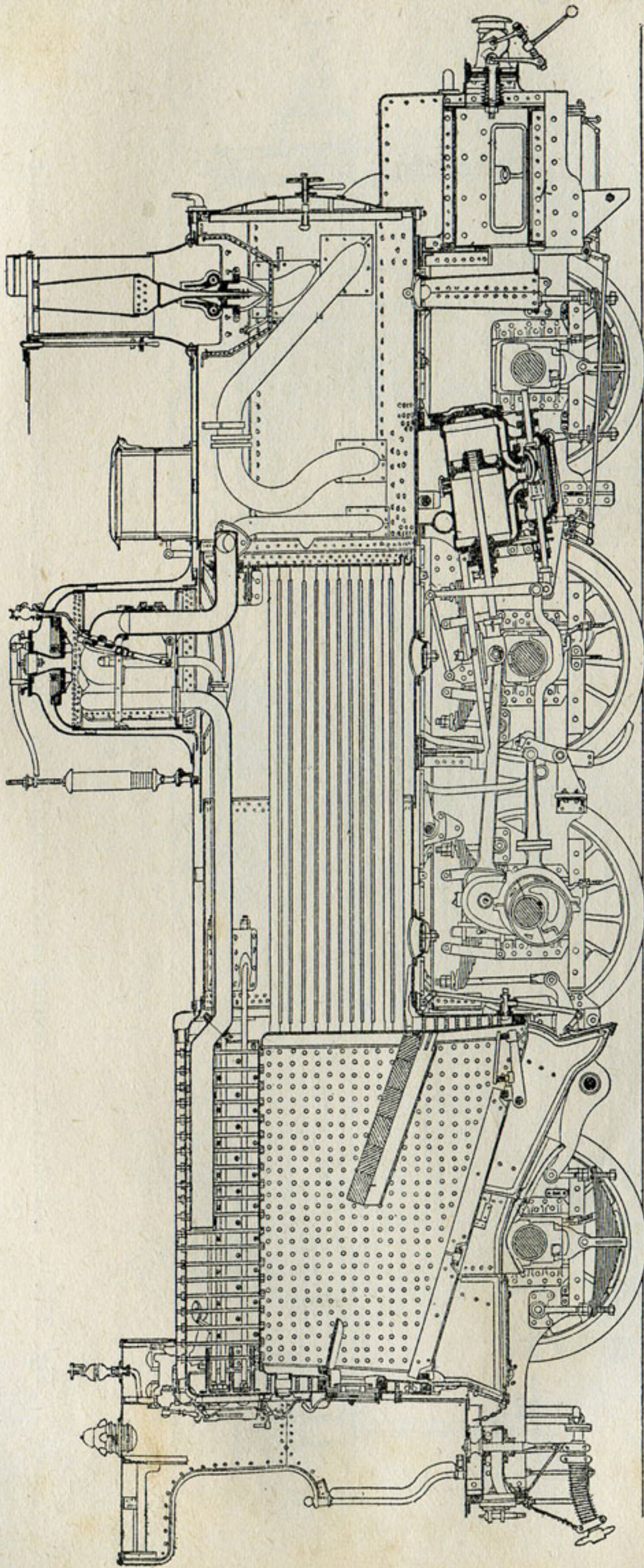


Fig. 274. — Locomotives compound nos 3244-3260, 3301-3362 des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée; coupe longitudinale.

Surface de grille, 2,45 m<sup>2</sup>; surface de chauffe, 154,74 m<sup>2</sup>; longueur des tubes, 3 m; diamètre intérieur des tubes, 60 mm; timbre de la chaudière, 15 kg; diamètres des cylindres, 360 et 590 mm; course des pistons, 650 mm; diamètre des roues, 1,500 m; poids à vide, 49 870 kg; poids en service, 53 700 kg.

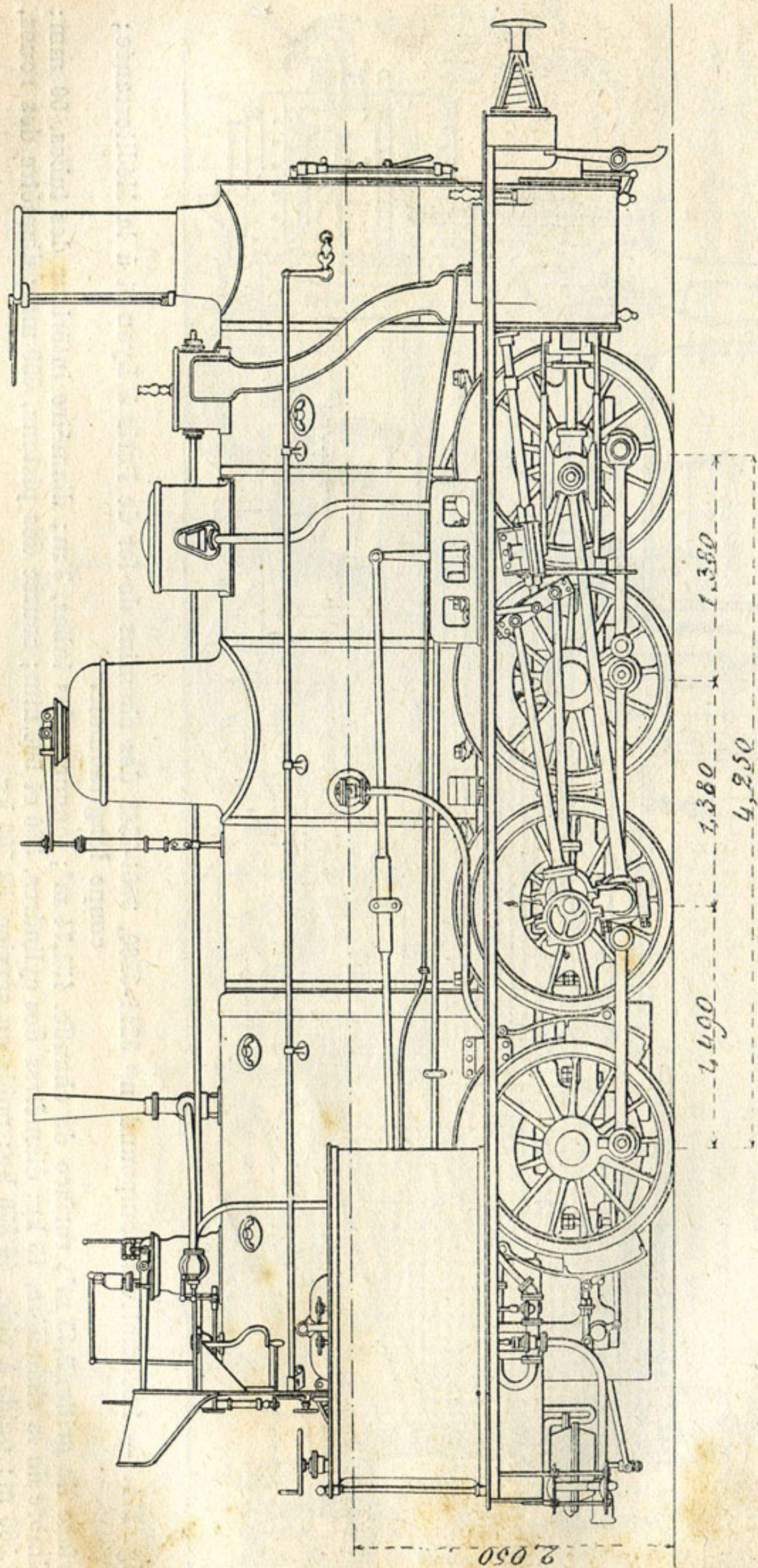
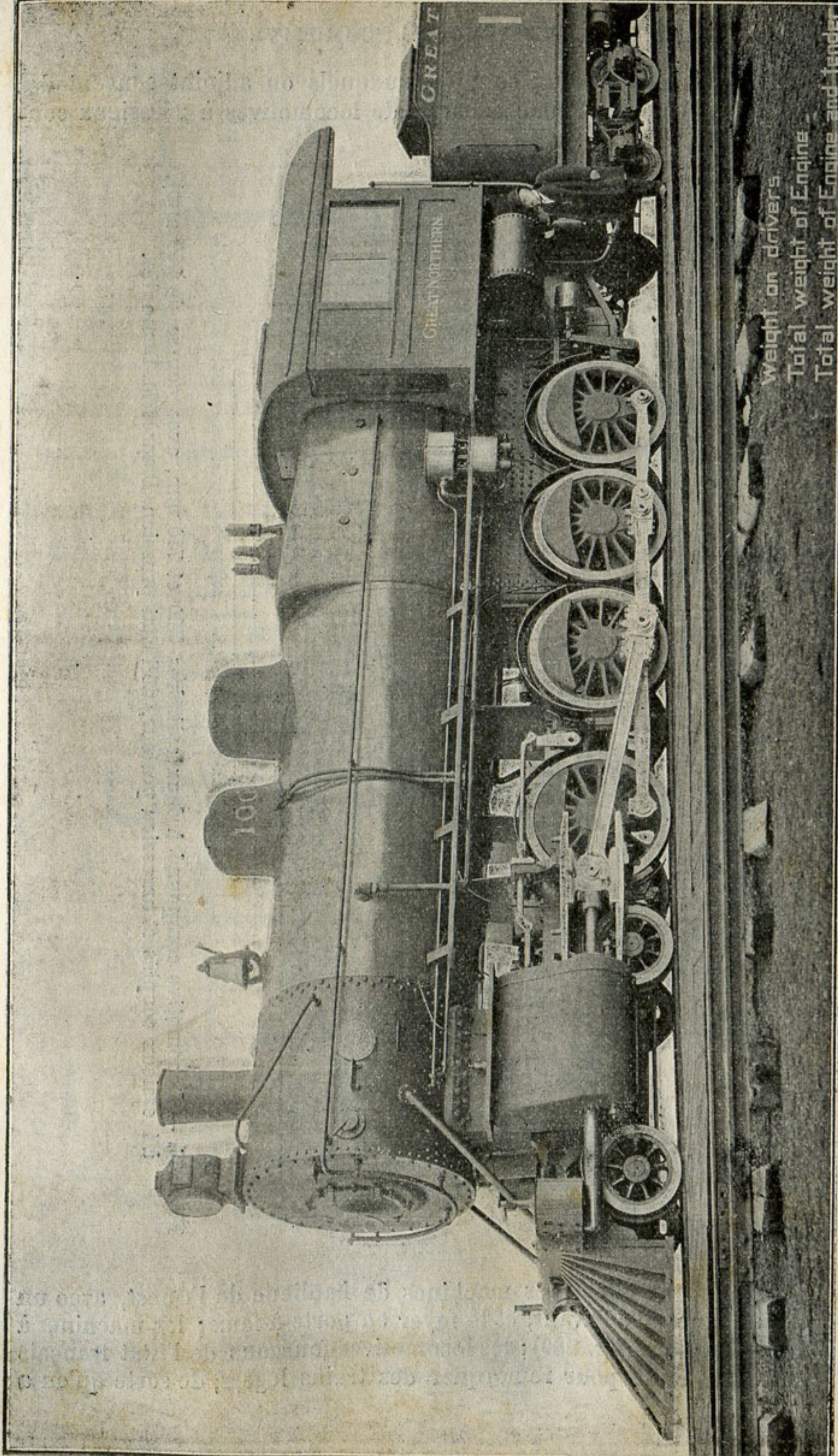


Fig. 275. — Locomotive à quatre essieux couplés du chemin de fer du Nord. D'après M. Demoulin.



Weight on drivers  
 Total weight of Engine  
 Total weight of Engine and tender

Fig. 276. — Locomotive américaine, à 4 essieux couplés et bogie, des ateliers Brooks; poids en service, 96 t; poids adhérent, 78 t.

ment 2, 3 ou 4 essieux couplés, auxquels on adjoint souvent des essieux porteurs. Comme exemple de locomotives à 2 essieux cou-

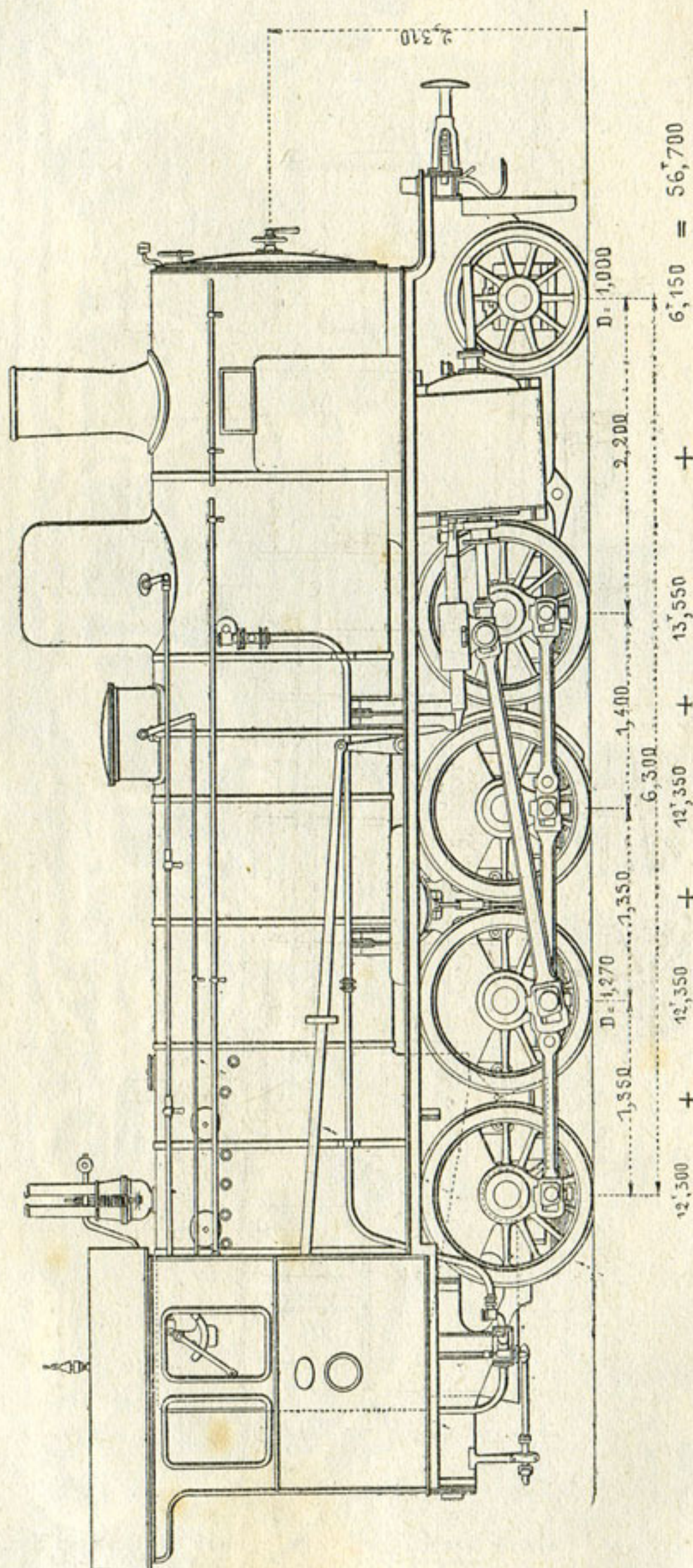


Fig. 277. — Locomotive compound à deux cylindres (400 et 710 mm, avec course de 560 mm), à 4 essieux couplés et un essieu porteur, de l'État prussien. D'après M. Demoulin.

plés, on peut citer : les machines de banlieue de l'Ouest, avec un essieu porteur à l'avant, et le foyer en porte-à-faux ; les machines à bogie du Nord (fig. 280) ; les locomotives-fourgons de l'État français (fig. 281), faites pour remorquer des trains légers, de sorte qu'on a

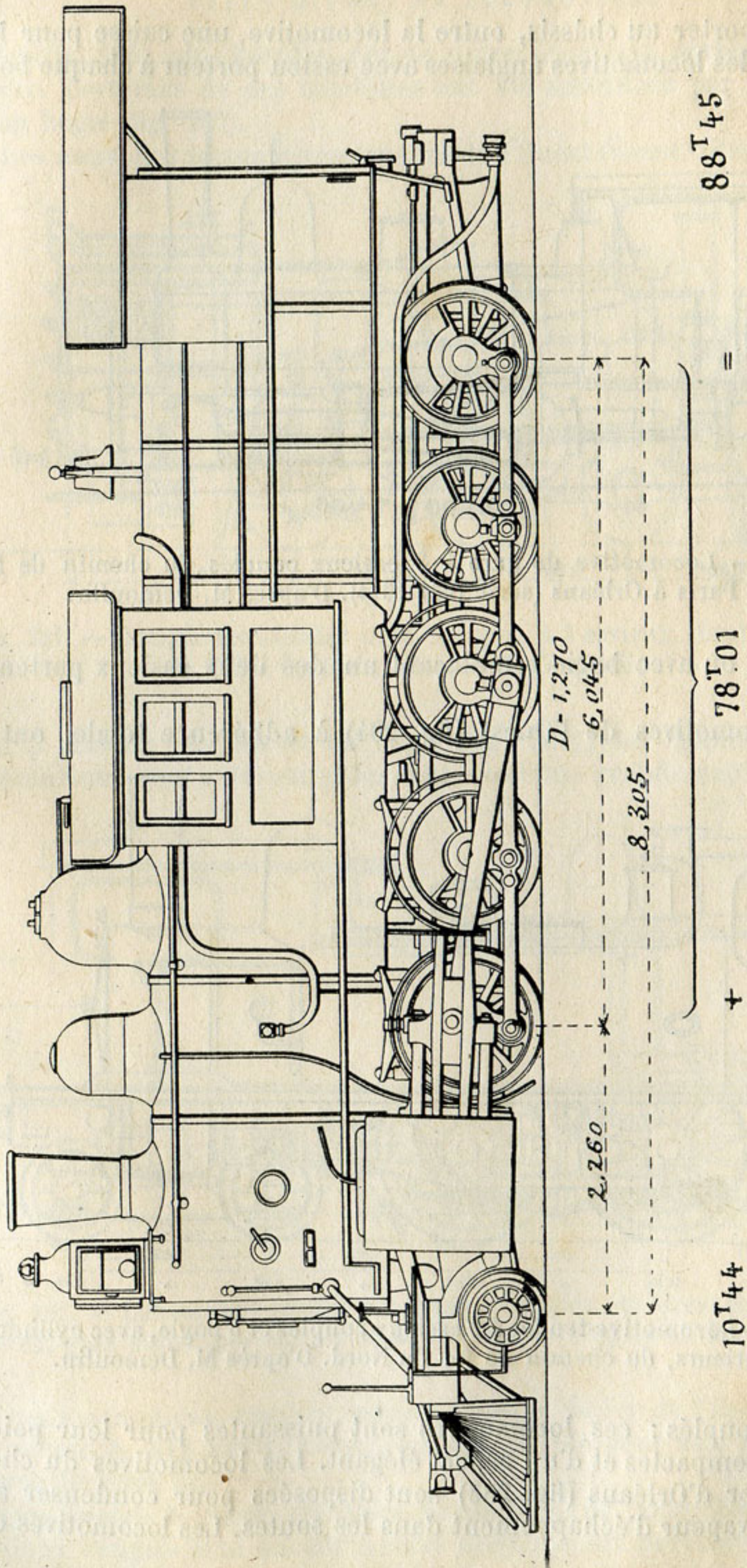


Fig. 278. — Locomotive américaine compound à cylindres superposés (système Vaclain), avec 5 essieux couplés et un essieu porteur, de l'*Erie railroad*; large foyer Wootten (surface de grille,  $8,31 \text{ m}^2$ ); poids total en ordre de marche,  $88,5 \text{ t}$ . D'après M. Demoulin.



pu faire porter au châssis, outre la locomotive, une caisse pour les bagages ; les locomotives anglaises avec essieu porteur à chaque bout

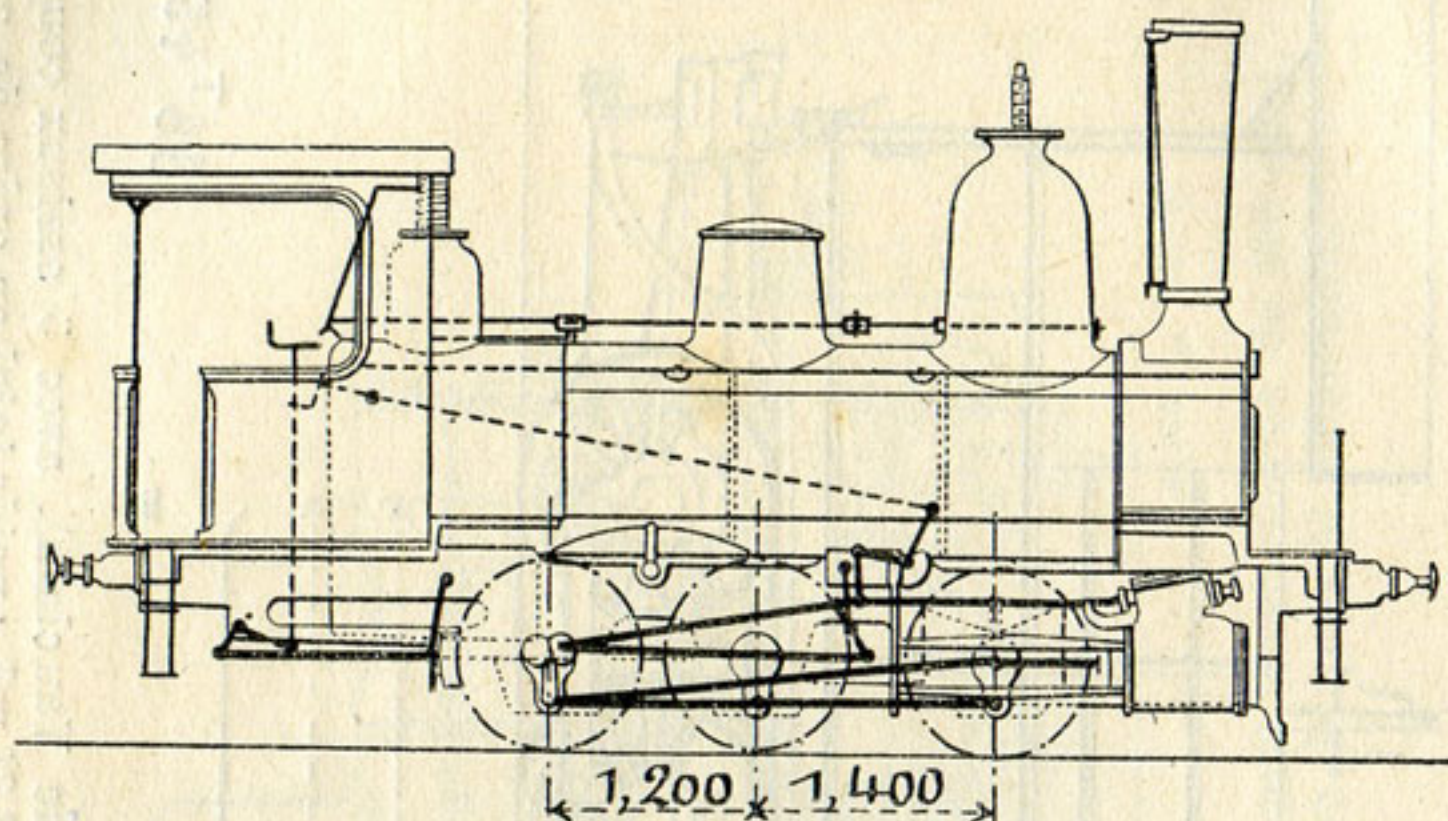


Fig. 279. — Locomotive de gare à 3 essieux couplés du chemin de fer de Paris à Orléans (série 1031-1074). D'après M. Demoulin.

(fig. 282), ou avec bogie remplaçant un des deux essieux porteurs (fig. 283).

Les locomotives de l'Ouest (fig. 284) à adhérence totale, ont 3

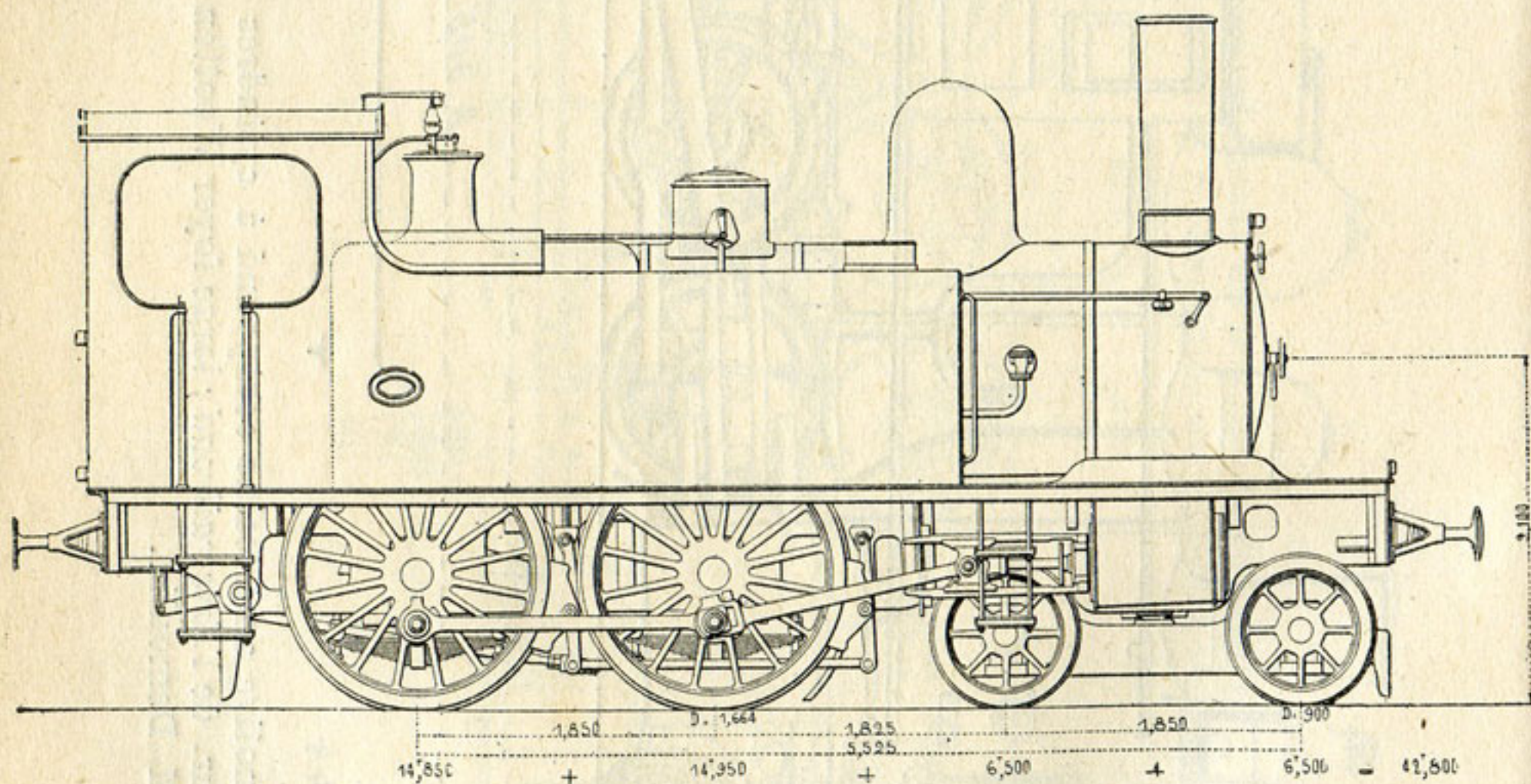


Fig. 280. — Locomotive-tender à 2 essieux couplés et à bogie, avec cylindres extérieurs, du chemin de fer du Nord. D'après M. Demoulin.

essieux couplés : ces locomotives sont puissantes pour leur poids modéré, compactes et d'un aspect élégant. Les locomotives du chemin de fer d'Orléans (fig. 285) sont disposées pour condenser au besoin la vapeur d'échappement dans les soutes. Les locomotives de

l'Est (fig. 286), plus lourdes, ont en outre un essieu porteur sous le foyer. Certaines de ces machines ont été modifiées par l'addition d'un bogie (fig. 287).

Les nouvelles locomotives-tenders de l'Ouest (construites en 1897)

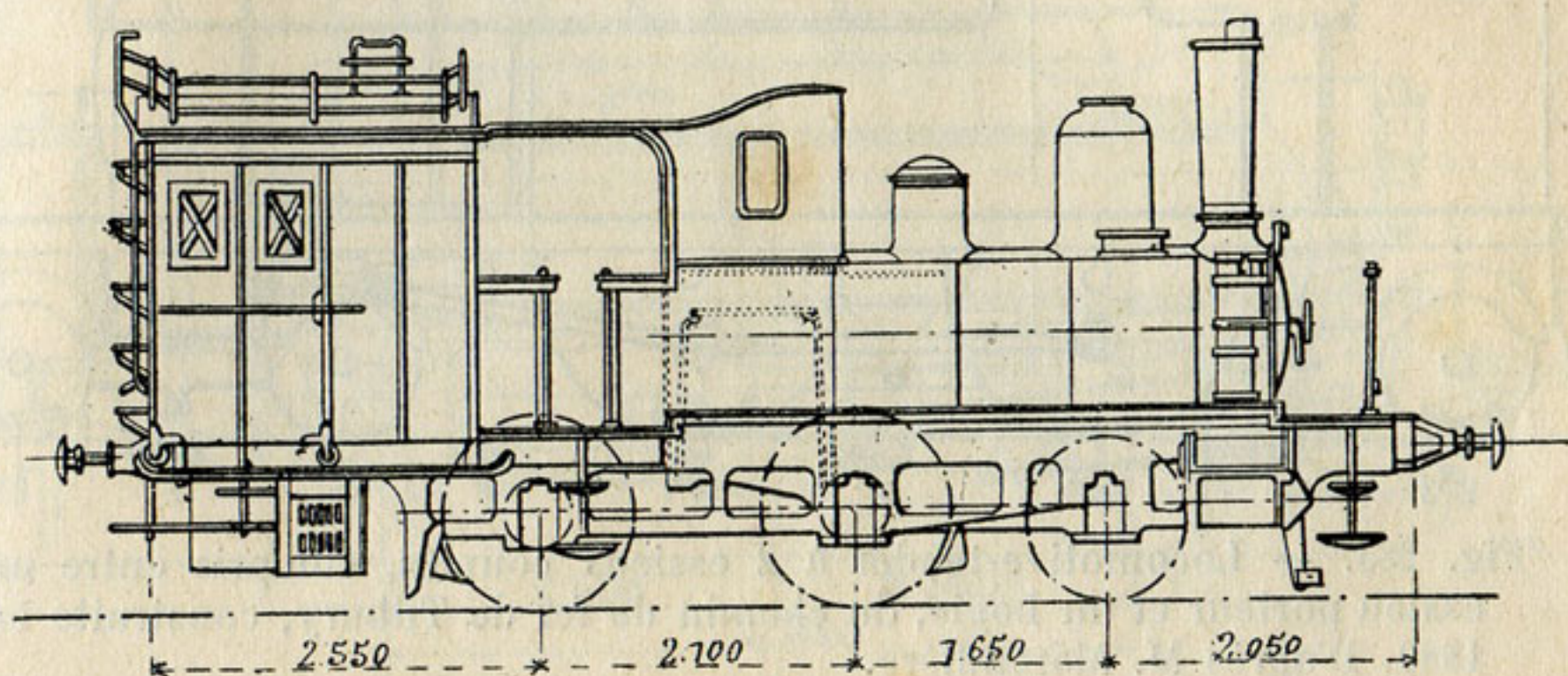


Fig. 281. — Locomotive-tender avec fourgon, à 3 essieux, dont 2 couplés, de l'Etat français. D'après M. Demoulin.

ont 3 essieux couplés et un bogie (fig. 288); les cylindres et les mécanismes sont extérieurs; les soutes ont une grande capacité. Une

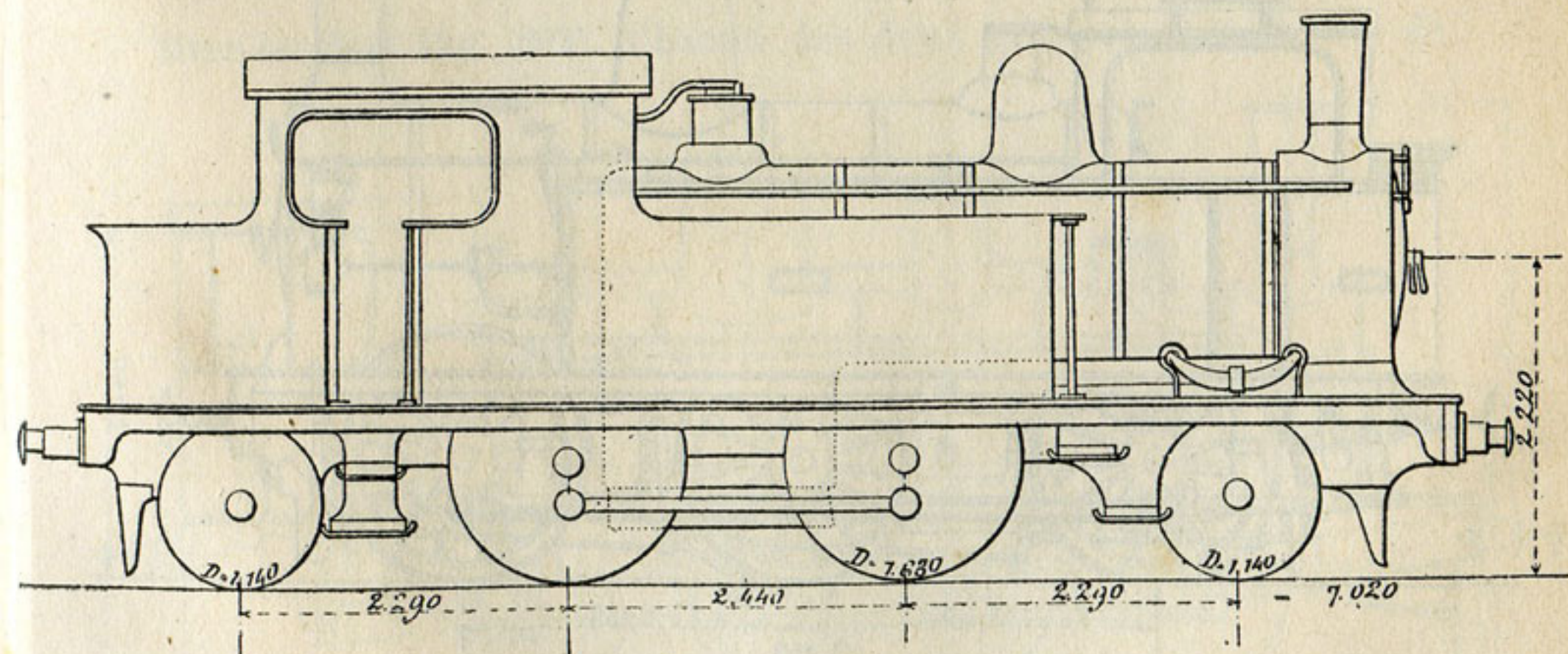


Fig. 282. — Locomotive-tender à 2 essieux couplés, du Great Eastern railway, avec essieu porteur à chaque extrémité. D'après M. Morandière.

de ces locomotives, essayée sur les chemins de fer de l'Est, a atteint la vitesse de 118 km à l'heure, qui est grande pour une machine à roues de 1,540 m.

Quelquefois le bogie est placé à l'arrière (fig. 289), ou les trois essieux couplés sont encadrés entre deux essieux porteurs (fig. 290.)

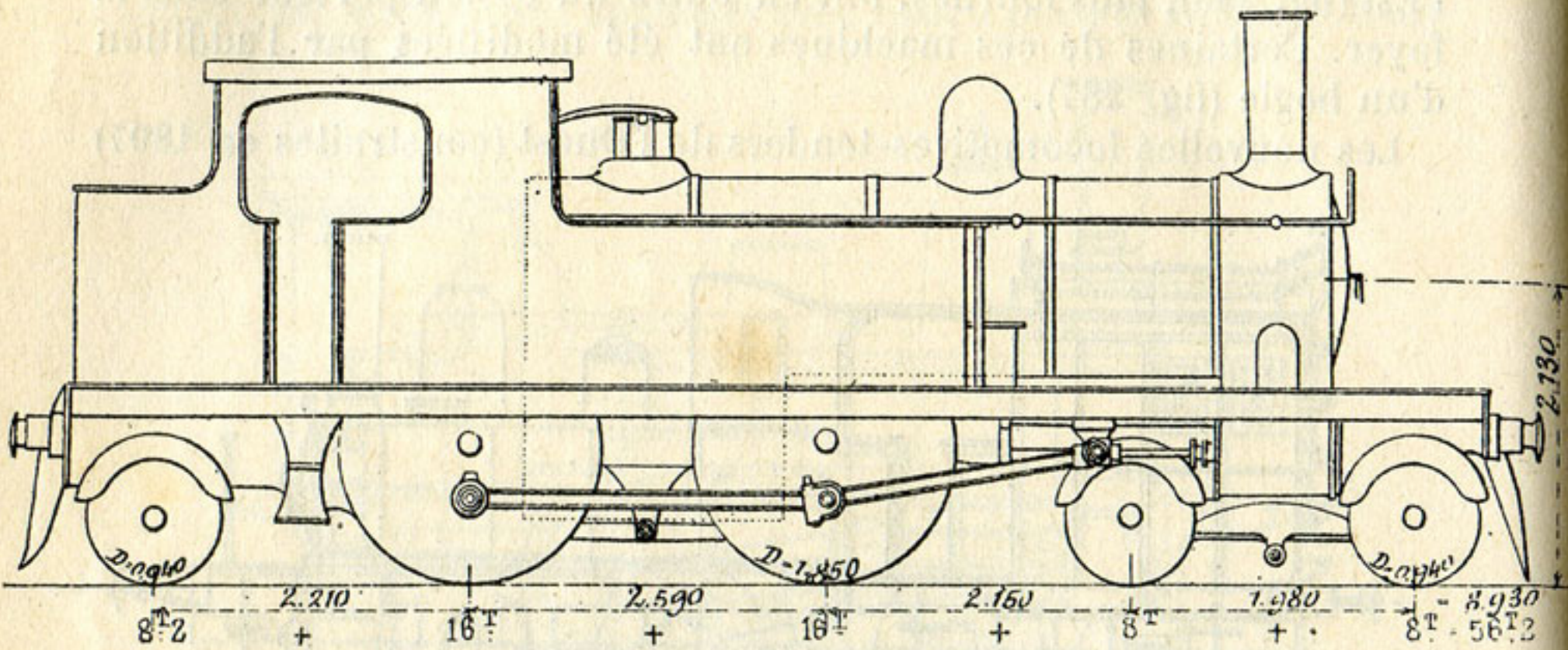


Fig. 283. — Locomotive-tender à 2 essieux couplés, compris entre un essieu porteur et un bogie, du chemin de fer de Tilbury, construite en 1880. D'après M. Morandière.

La figure 291 représente une locomotive-tender à adhérence totale, avec quatre essieux couplés.

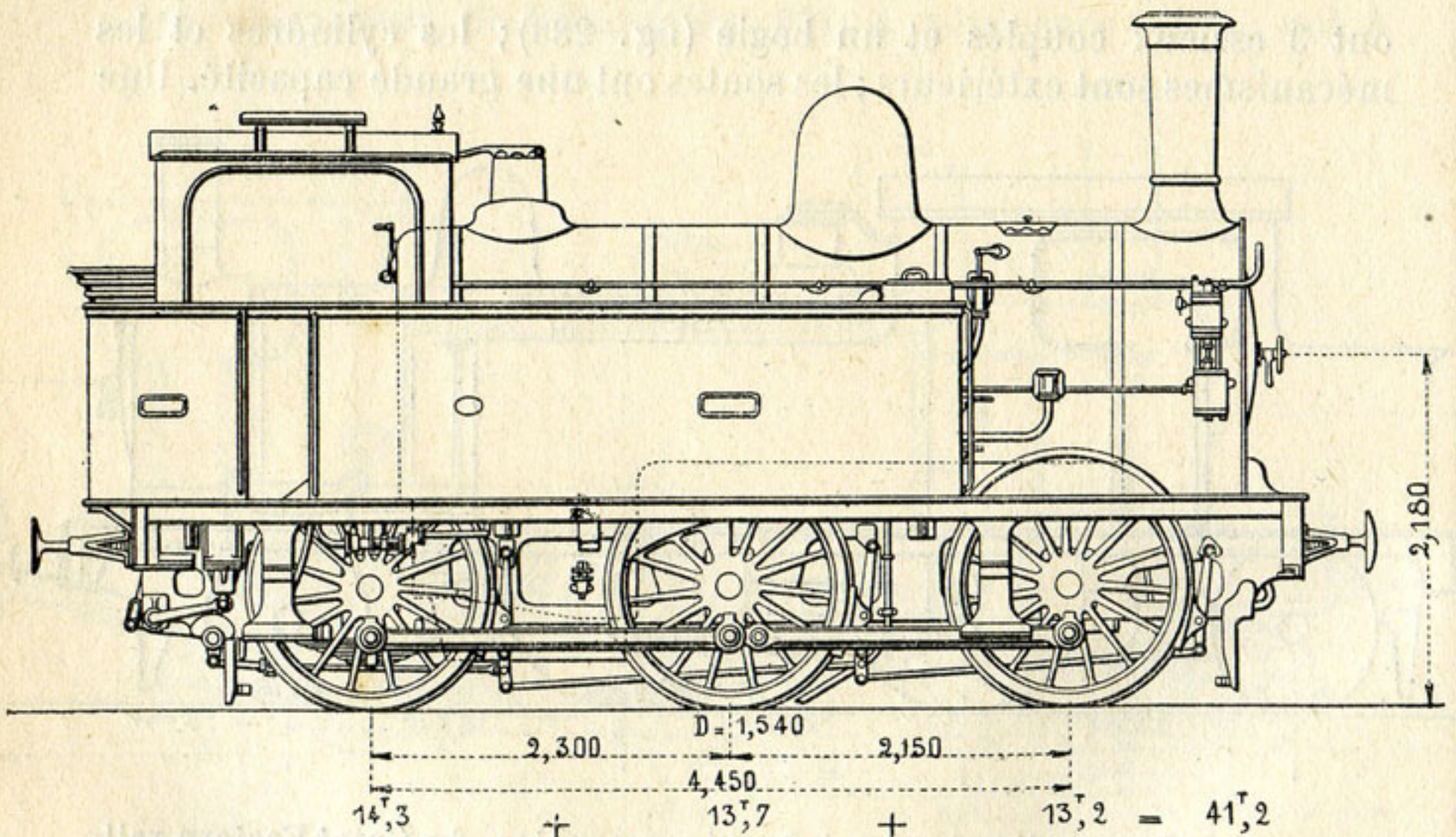


Fig. 284. — Locomotive-tender à 3 essieux couplés (série 3 531-3 572) des chemins de fer de l'Ouest ; cylindres intérieurs ; capacité de la soute à eau,  $4 \text{ m}^3$  ; d'autres séries ne diffèrent de ces locomotives que par des détails secondaires. D'après M. Demoulin.

**129. Locomotives articulées.** — Le système compound à quatre cylindres se prête à la commande de deux groupes d'essieux articulés. Les locomotives de ce genre, du système Mallet, ont quelquefois des

tenders séparés (fig. 292), mais ce sont le plus souvent des loco-

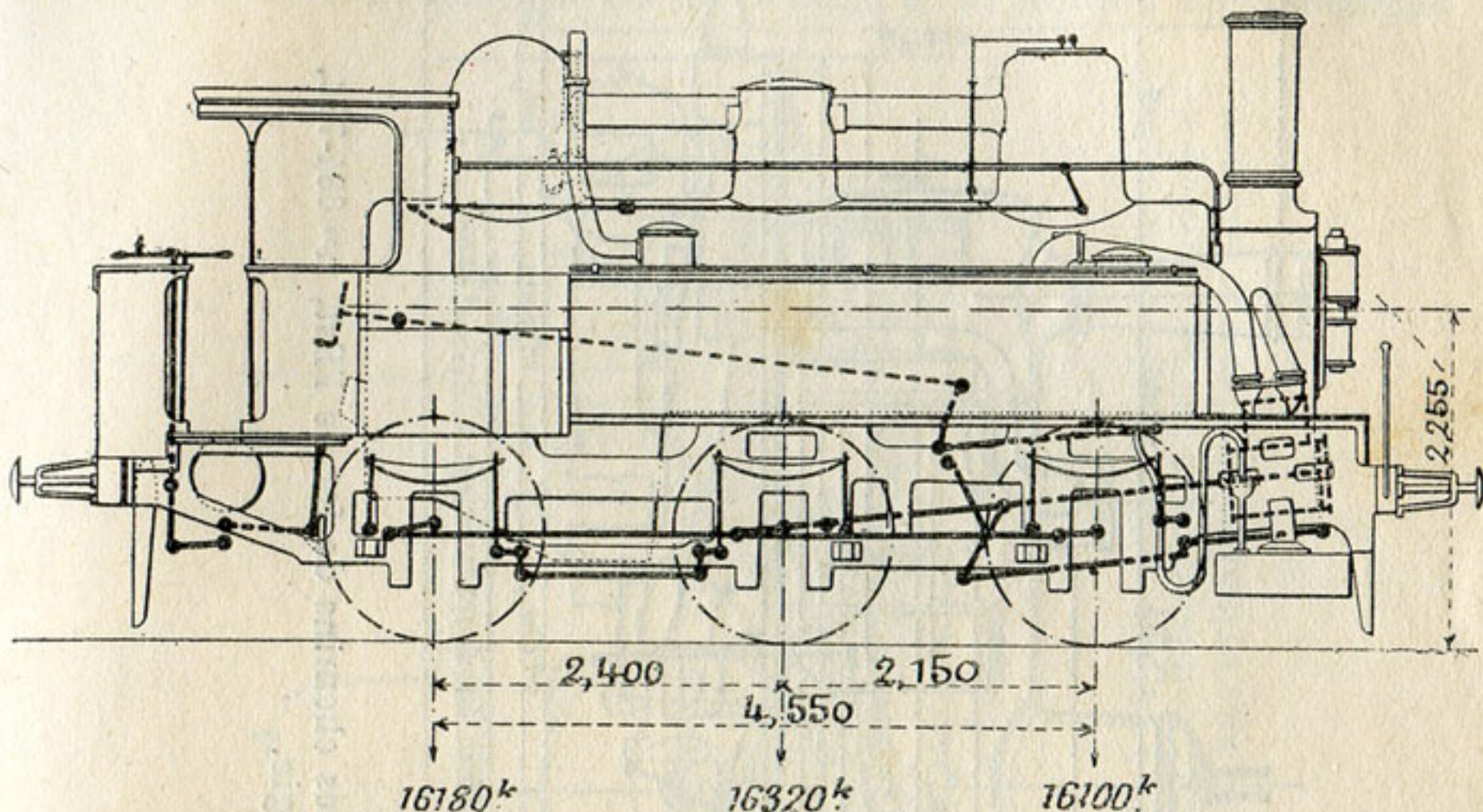


Fig. 285. — Locomotive-tender à 3 essieux couplés, avec cylindres intérieurs et longerons extérieurs, du chemin de fer d'Orléans (série 2 168-2 200) ; la vapeur d'échappement peut être condensée dans les soutes. D'après M. Demoulin.

tives-tenders (fig. 293). Chacun des deux groupes se compose de

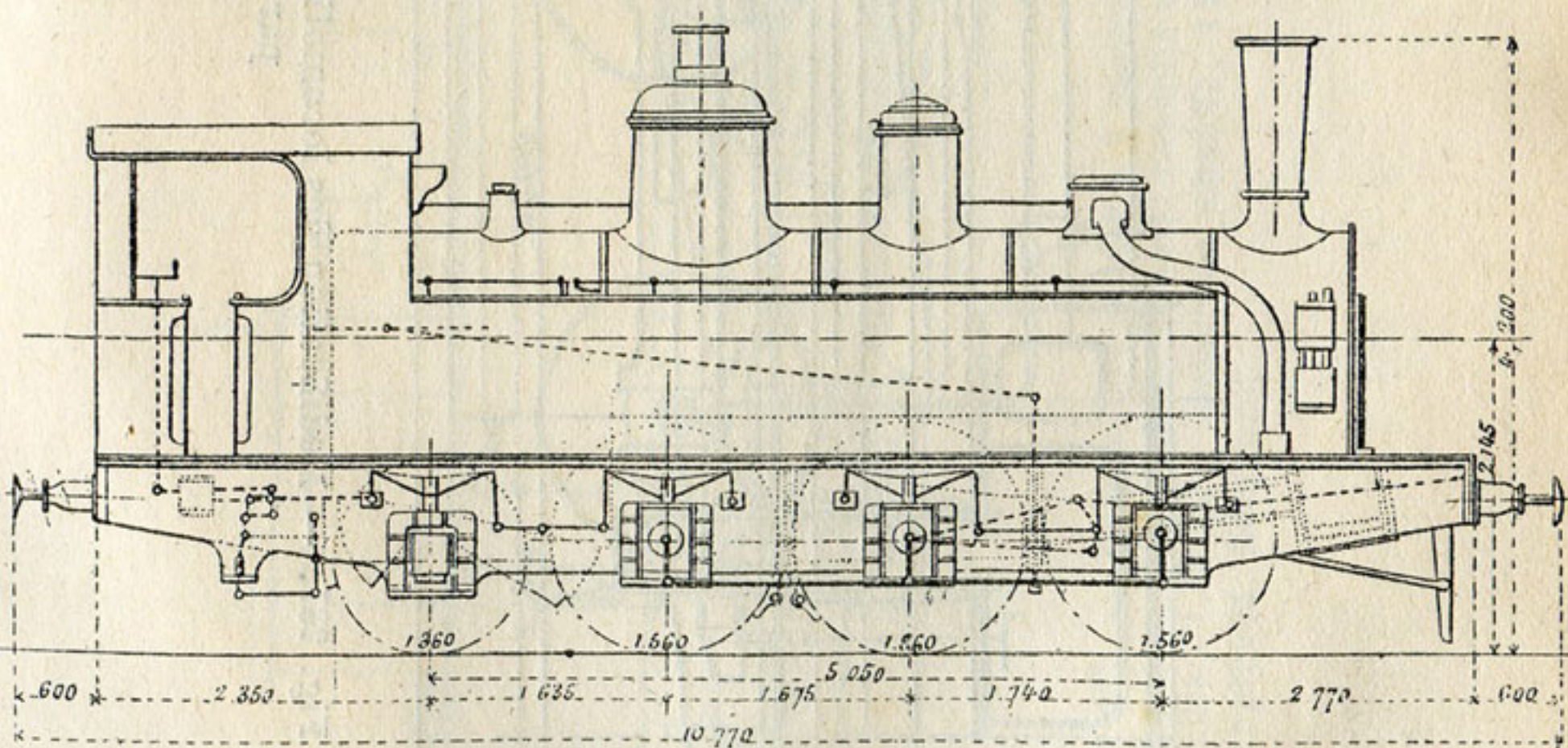


Fig. 286. — Locomotive-tender à 3 essieux couplés, avec essieu porteur à l'arrière, des chemins de fer de l'Est ; cylindres intérieurs sur longerons extérieurs.

deux essieux ; ce nombre a été porté à trois sur une puissante locomotive construite pour le chemin de fer du Gothard (fig. 294).

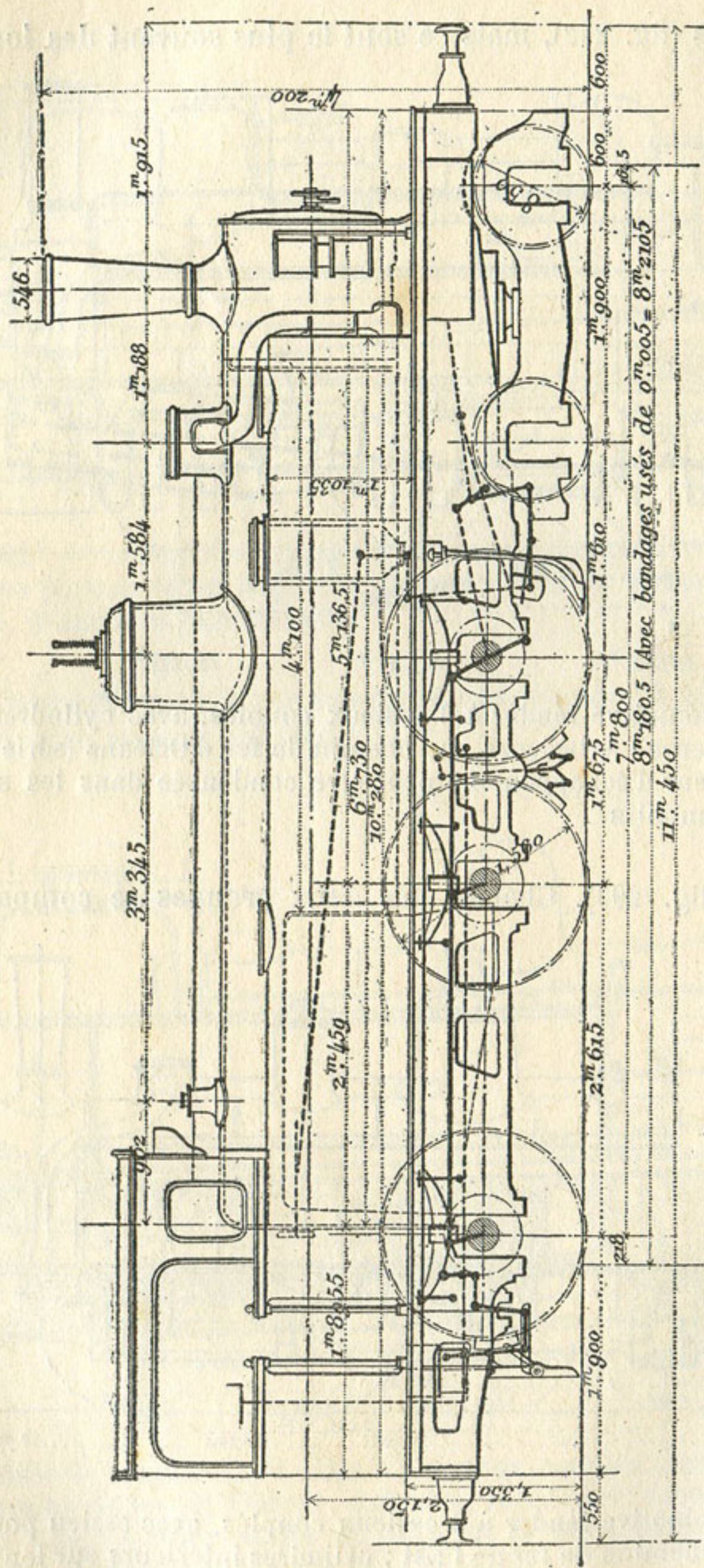


Fig. 287. — Modification des locomotives de banlieue des chemins de fer de l'Est, nos 684-742, par addition d'un bogie.

**130. Locomotives pour voie étroite.** — La voie qu'on appelle normale a une largeur de 1,435 m à 1,450 m, comptée entre les bords intérieurs des rails. Mais on construit beaucoup de chemins de fer à voie plus

étroite ; souvent la largeur est d'un mètre, mais elle descend à 60 cm, comme dans le chemin de fer Decauville à l'exposition universelle de

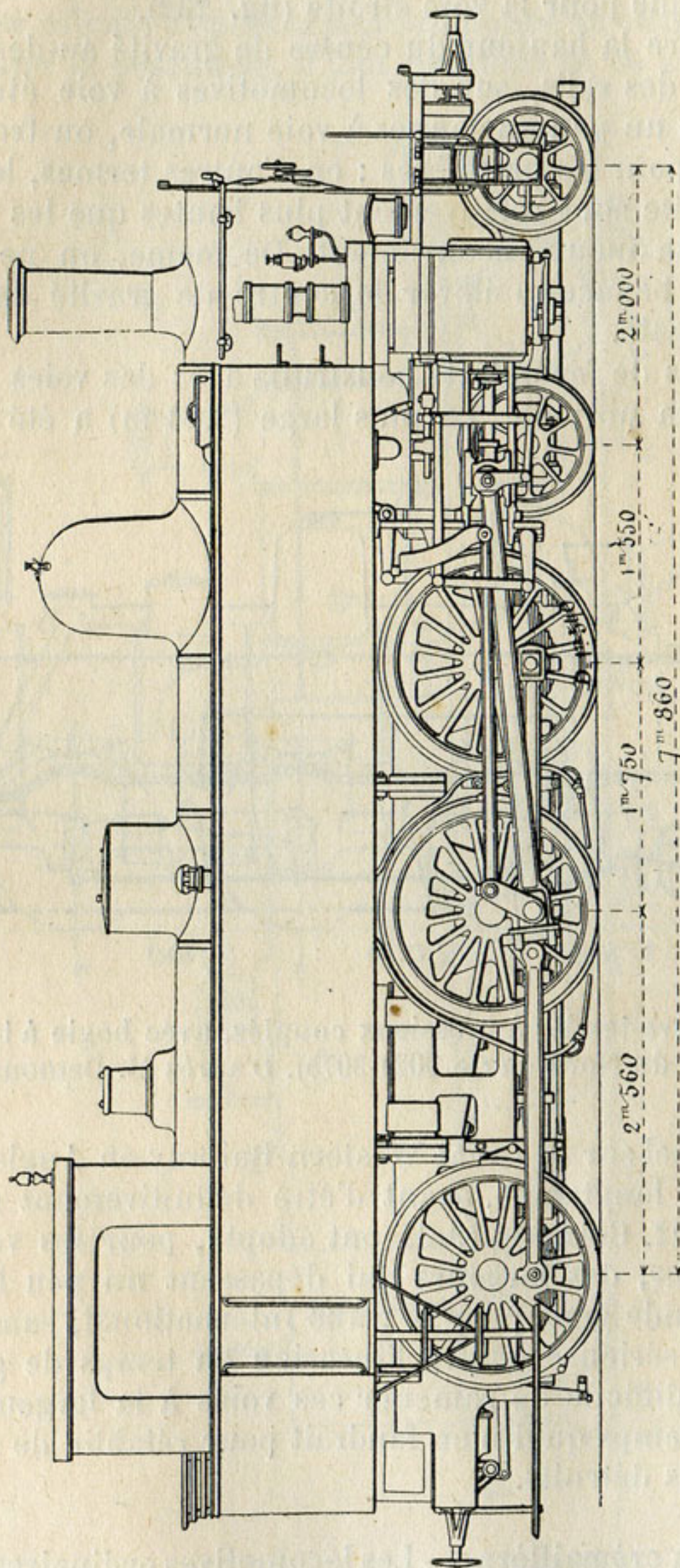


Fig. 288. — Locomotive tender à 3 essieux couplés et bogie à l'avant, avec cylindres extérieurs, des chemins de fer de l'Ouest; capacité des soutes : eau, 7 m<sup>3</sup>; combustible, 2 500 kg; surface de grille, 1,80 m<sup>2</sup>; surface de chauffe, 144,3 m<sup>2</sup>; timbre, 12 kg; cylindres de 460 sur 600 mm. D'après M. Demoulin.

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 aussi 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. Le système articulé Mallet a été souvent appliqué pour la voie étroite (fig. 232).

Quand on compare la hauteur du centre de gravité au-dessus du rail à l'écartement des rails, sur des locomotives à voie étroite et sur des locomotives un peu anciennes à voie normale, on trouve un rapport plus grand pour les premières : en d'autres termes, les locomotives à voie étroite sont relativement plus hautes que les autres, sans qu'il en résulte aucun inconvénient. De même, on ne craint pas aujourd'hui de beaucoup élever le centre de gravité des locomotives à voie normale.

Plusieurs chemins de fer ont été construits avec des voies de largeur supérieure à la normale. La plus large (2,13 m) a été établie

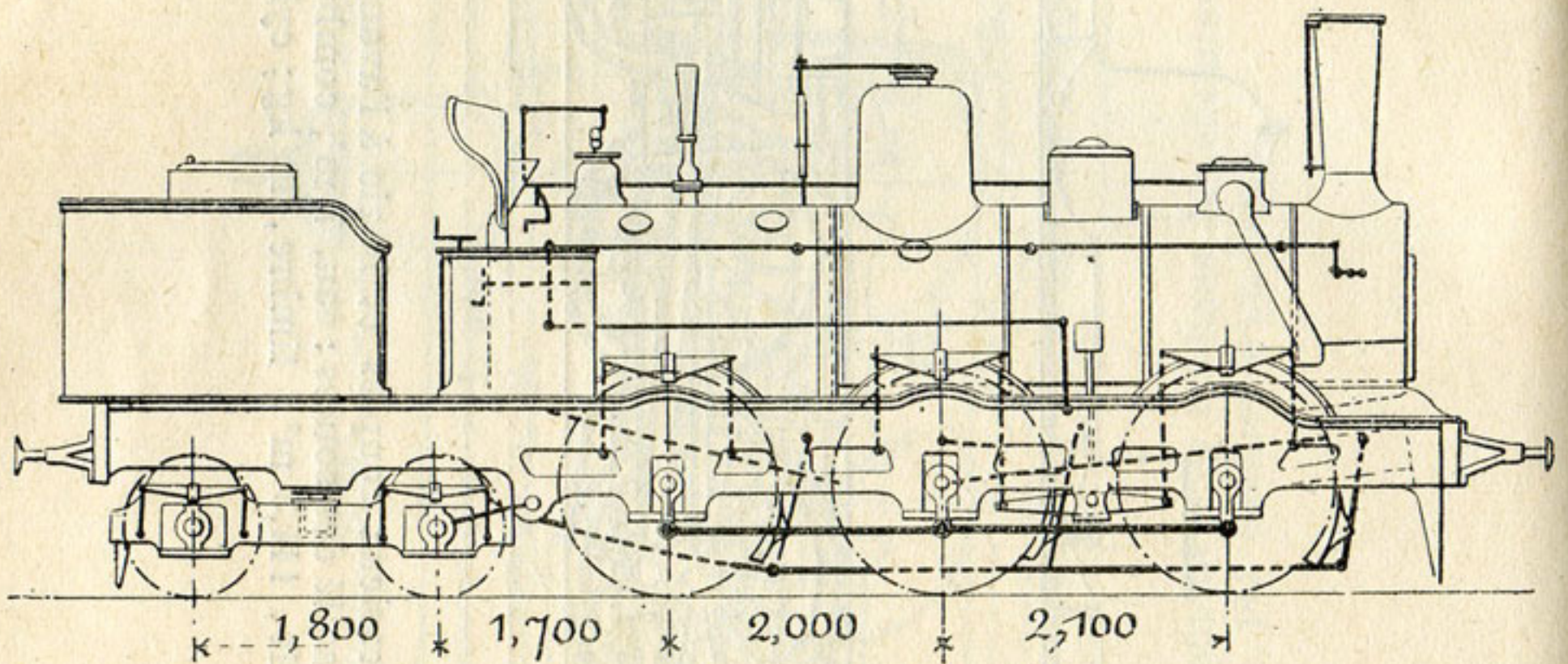


Fig. 289. — Locomotive-tender à 3 essieux couplés, avec bogie à l'arrière, du chemin de fer du Nord (série 3021-3075). D'après M. Demoulin.

par l'ingénieur Brunel sur le Great Western Railway en Angleterre : elle a servi pendant longtemps, avant d'être définitivement supprimée, le 1<sup>er</sup> mai 1892. Certains États ont adopté, pour les voies de leurs chemins de fer, 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.

**131. 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. L'effort nécessaire pour élever sur une rampe de 60 mm une locomotive seule, à adhérence totale, se calcule d'après la règle indiquée au chapitre premier : pour surmonter la pesanteur, il faut un effort de 60 kg par chaque tonne

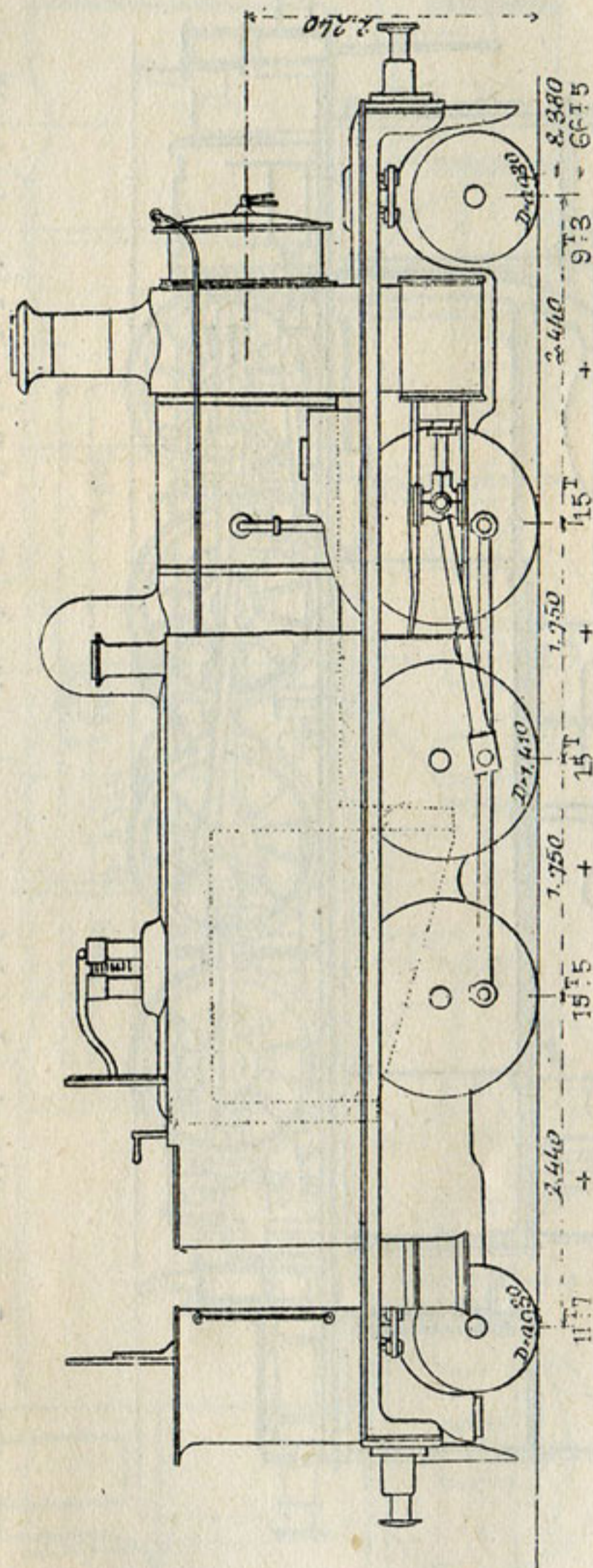


Fig. 290. — Locomotive-tender à 3 essieux couplés, compris entre 2 essieux porteurs, pour le chemin de fer qui passe sous la Mersey à Liverpool. D'après M. J. Morandière.

du poids ; les autres résistances consomment en plus quelques kilogrammes, soit en tout 65 kg par tonne. Si la machine pèse 40 t, il faudra un effort de traction total de  $65 \times 40$  ou 2600 kg : une machine de ce poids, à petites roues, peut généralement produire un effort bien plus considérable. Quant à l'adhérence, si le rail est



sec, elle est du sixième ou du septième du poids, c'est-à-dire de 6 600 à 5 700 kg; elle est donc largement suffisante, et peut s'abaisser presque jusqu'au quinzième du poids sans faire défaut.

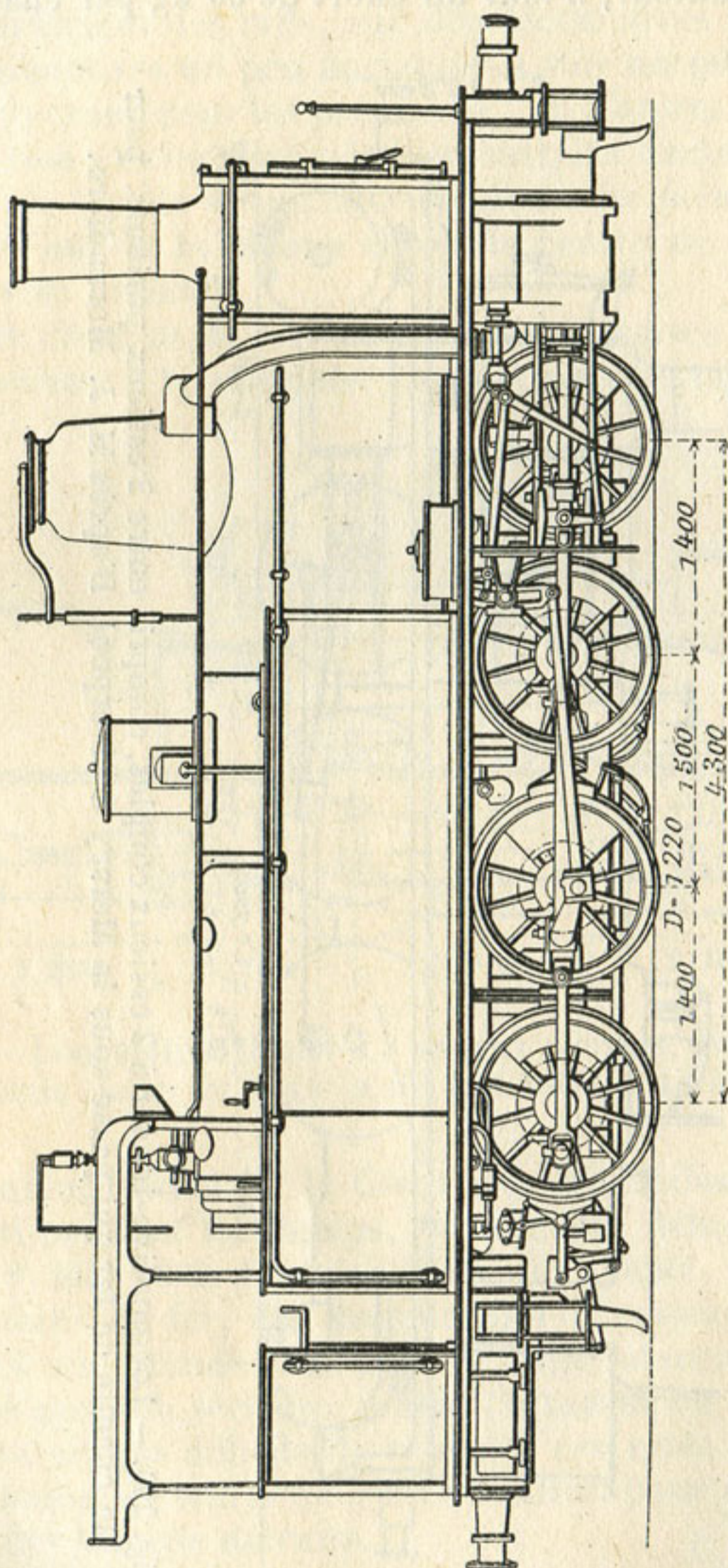


Fig. 291. — Locomotive-tender à 4 essieux couplés du Grand Central belge (actuellement incorporé dans le réseau des chemins de fer de l'État). D'après M. Demoulin.

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 l'exemple choisi, si le train pèse également 40 t, la résistance totale sera doublée et atteindra 5 200 kg : ce sera à peu près le plus

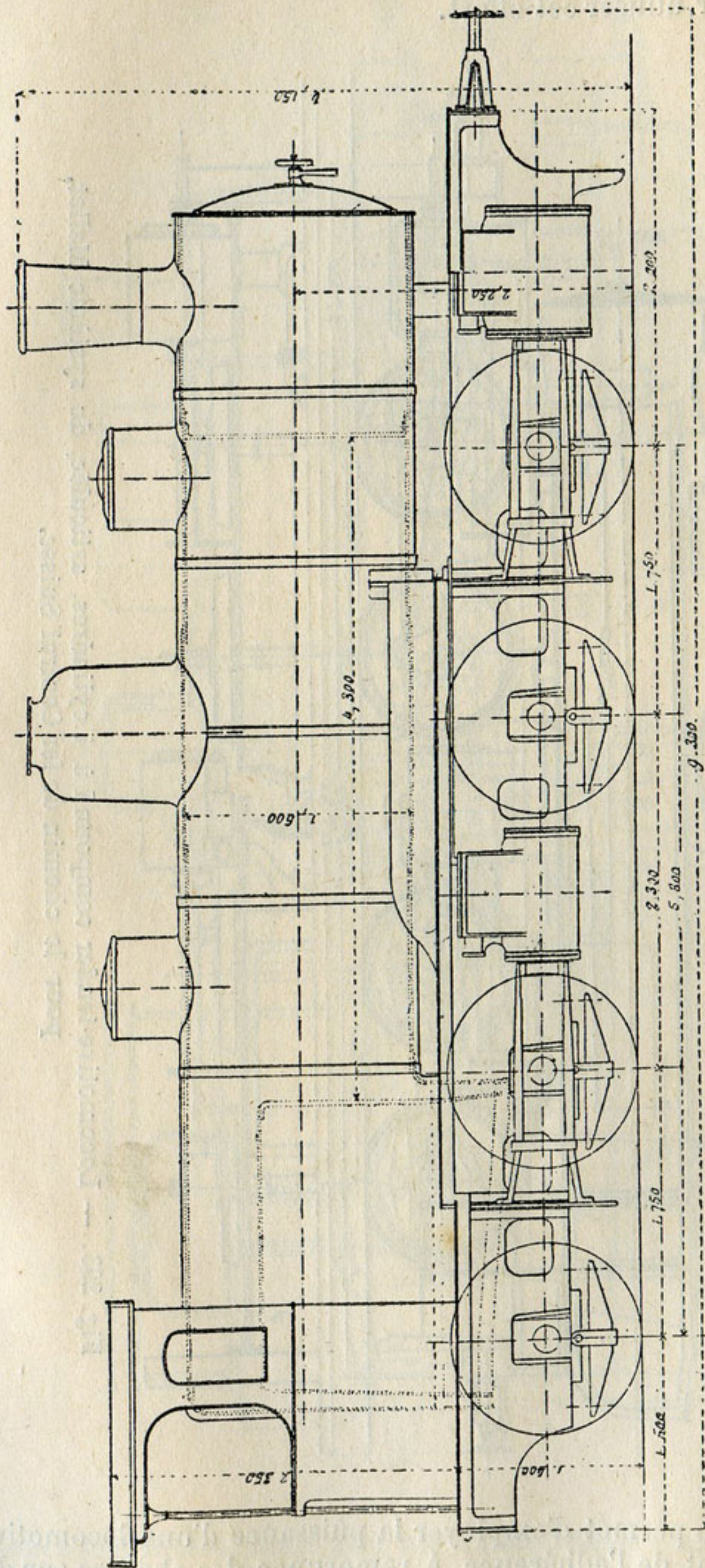


Fig. 292. — Locomotive Mallet, compound articulée à quatre cylindres, pour chemins de fer Badois et Prussiens : cylindres de 390 et 600 mm sur 600 mm ; diamètre des roues, 1,260 m ; surface de grille, 1,95 m<sup>2</sup> ; poids à vide, 49 t ; poids en service, 55 t. Cette locomotive est disposée pour circuler dans les courbes de 100 m de rayon.

grand effort que pourra produire la machine, et il faudra une bonne adhérence pour utiliser cet effort.

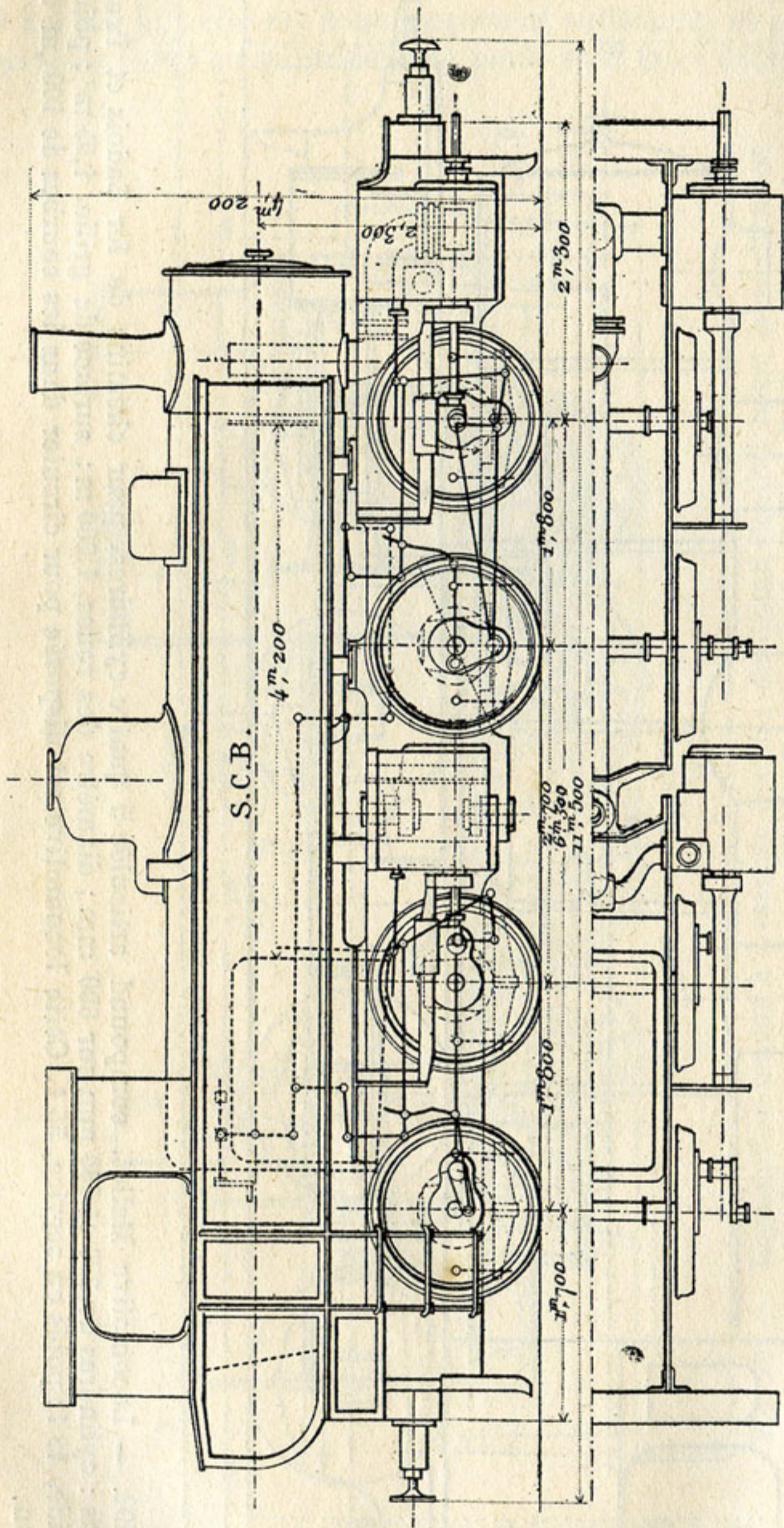


Fig. 293. — Locomotive-tender compound à 4 cylindres, articulée, du système Mallet, pour le chemin de fer Central Suisse.

La crémaillère permet d'employer la puissance d'une locomotive, indépendamment de l'adhérence, à remorquer des charges sur des

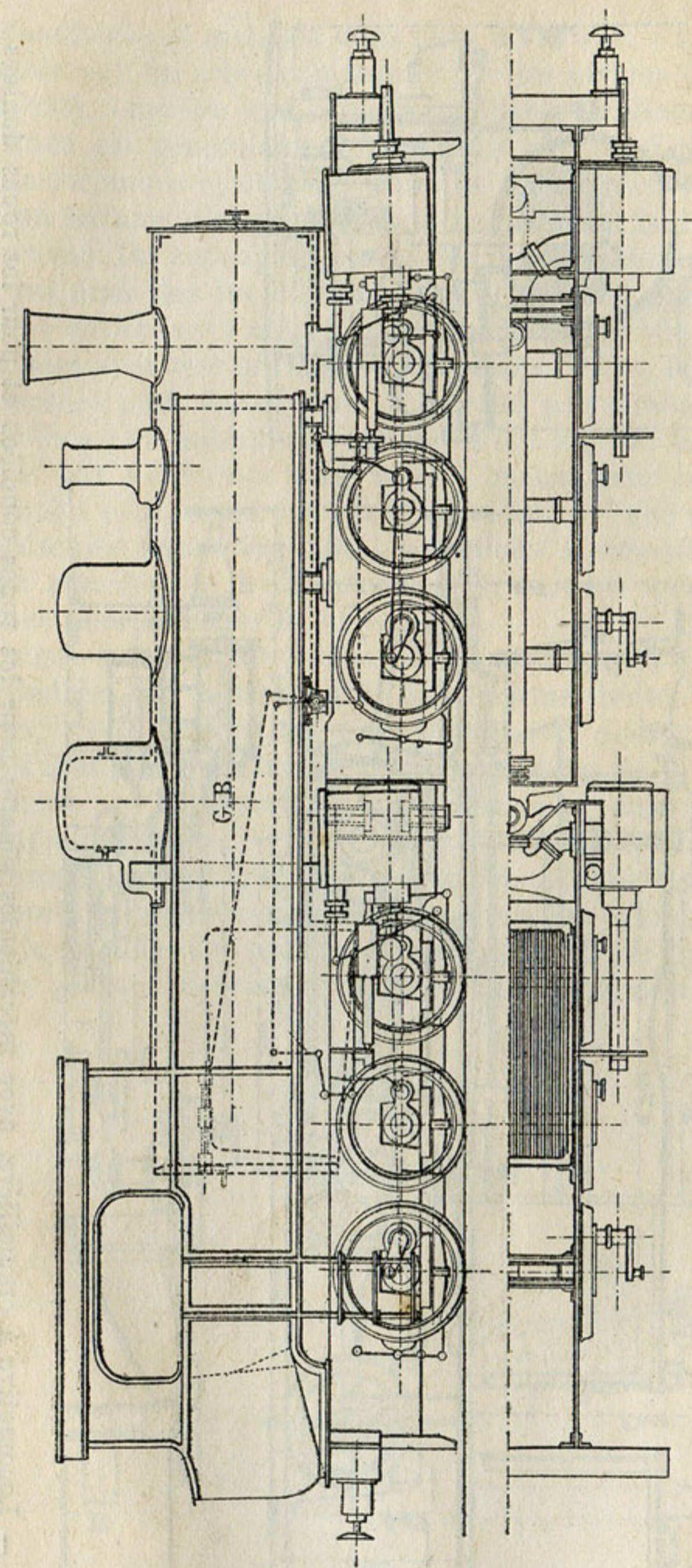


Fig. 294. — Locomotive compound Mallet pour voie de 1,45 m, du chemin de fer du Gothard; poids à vide, 65 t; maximum en charge, 85 t; par essieu, 14 t; surface de grille, 2,20 m<sup>2</sup>; diamètre des roues, 1,23 m; effort de traction, 9 000 kg; rayon minimum des courbes, 120 m.

rampes fort raides, mais avec une faible vitesse; car la crémaillère n'augmente pas la puissance de la machine.

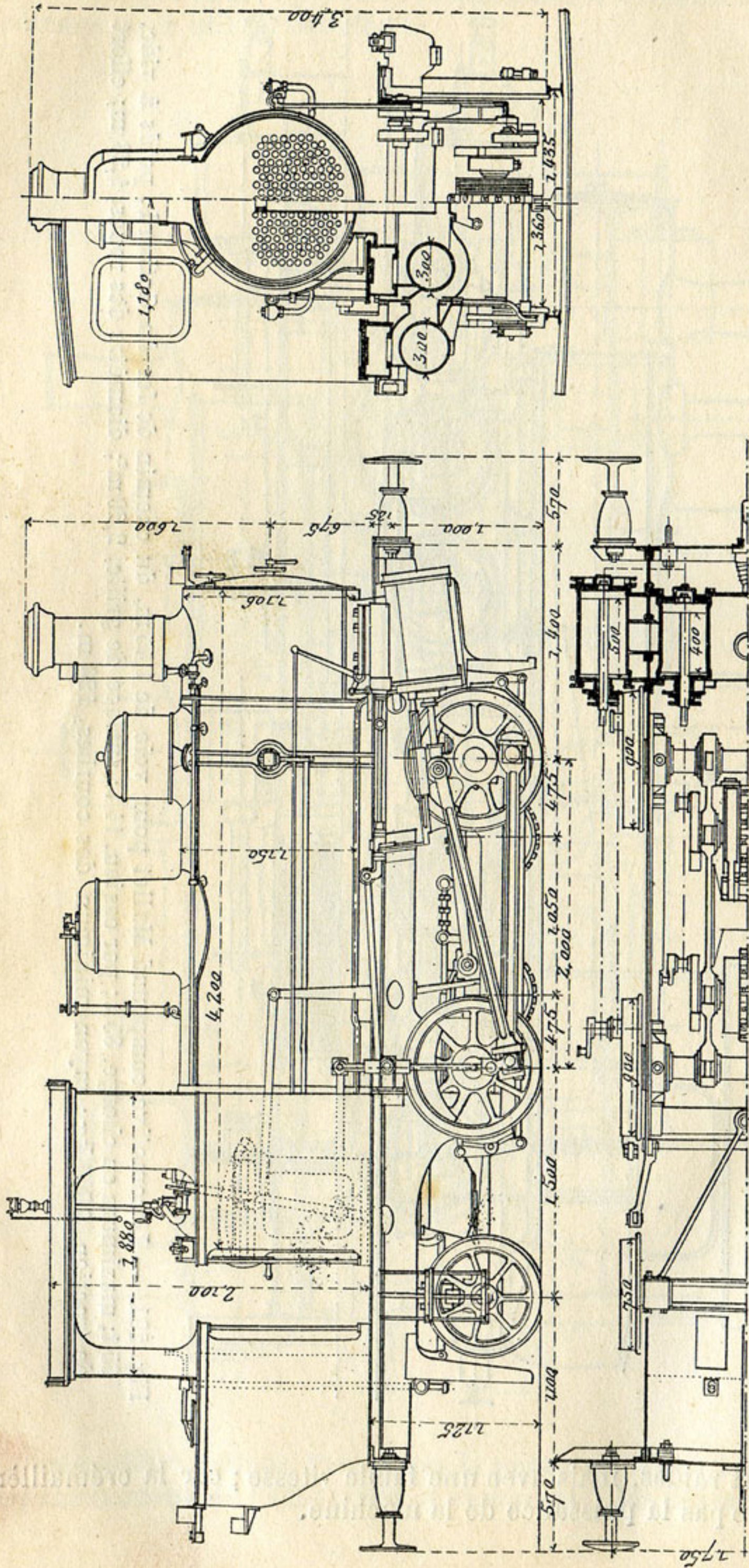


Fig. 295. — Locomotive à crémaillère, avec mécanismes séparés pour les roues couplées et pour les roues dentées engrenant sur la crémaillère.

La crémaillère est installée dans l'axe de la voie : une roue dentée, montée sur un arbre commandé par les pistons de la locomotive (fig. 295), engrène sur cette crémaillère. Le diamètre de cette roue dentée est généralement plus petit que celui des roues qui portent la locomotive ; on peut aussi la commander par l'intermédiaire d'un harnais d'engrenages, qui augmentent la force en réduisant la vitesse. On accouple souvent deux roues dentées.

On gravit ainsi des inclinaisons de 200, 300, 400 mm par m. 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 les roues dentées pour la marche sur la crémaillère. Telle est la locomotive représentée figure 295. 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.

A 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 arbres portant des roues dentées, qui engrènent avec la crémaillère.