

LES LOCOMOTIVES DES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT BELGE

A L'EXPOSITION DE BRUXELLES-TERVUEREN

EN 1897

Par M. MORIZOT,

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES,
INSPECTEUR DE LA TRACTION DU CHEMIN DE FER DU NORD.

(Pl. XXII à XXIV).

INTRODUCTION.

L'Exposition internationale de Bruxelles occupe deux emplacements tout à fait distincts : l'un formé par le Parc du Cinquantenaire au sud-est, avec l'Exposition principale, l'autre enclavé dans le parc royal de Tervueren, à 14 kilomètres de la capitale.

C'est dans cette annexe qu'est située la galerie du matériel des chemins de fer, avec un groupe de machines fixes et de dynamos en mouvement.

La surface totale couverte par les halles de 5.000 m², est divisée exactement en deux parties. Des 2.500 m², affectés aux chemins de fer, 1.550 ont été consacrés à la Belgique et le reste à la France : aucun autre pays n'étant représenté dans cette industrie.

L'administration des chemins de fer de l'Etat-Belge a donc participé dans une large mesure à l'exposition des chemins de fer. Elle a confié aux grands établissements belges de construction qui sont ses fournisseurs habituels l'exécution de commandes importantes de matériel, en leur imposant l'obligation de le faire figurer dans la galerie des machines.

L'ensemble des locomotives présentées par l'Etat-Belge comprend, à côté de types tout à fait nouveaux, comme la locomotive type 16 et la locomotive compound articulée, quelques exemplaires dont l'expérience a consacré la valeur et qui satisfont aux exigences de l'exploitation, sur le réseau de ce pays.

DESCRIPTION DES LOCOMOTIVES EXPOSÉES

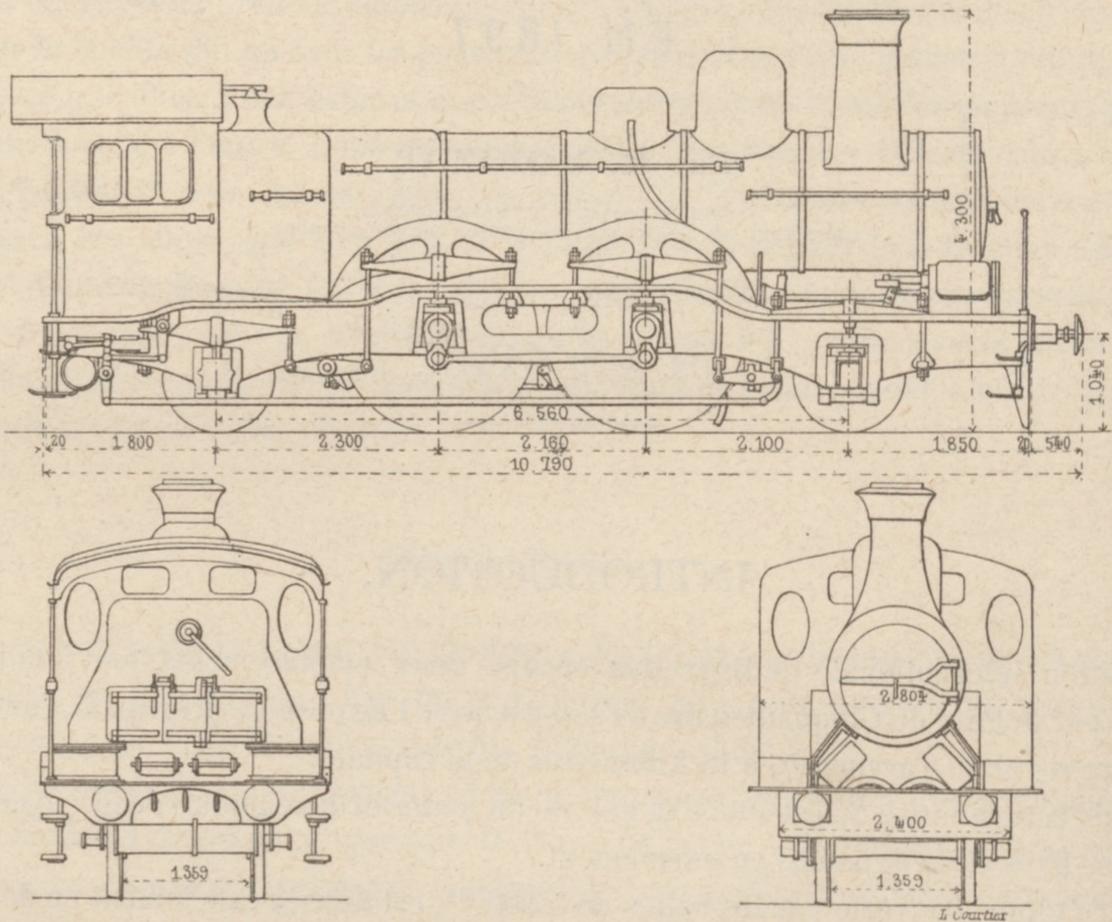
I. — Locomotive express pour lignes de niveau, type 12.

(Figure 1).

Exposé général. — En première ligne figurent trois locomotives express à 8 roues, dont 4 roues accouplées de 2^m, 100, pour lignes dites de niveau, ne différant essentiellement entre elles, que par le système de distribution.

Leur principal service est celui d'Ostendé. Les 122 kilomètres sur profil facile, qui séparent Bruxelles-Nord d'Ostende et qui sont franchis sans arrêt en 1 h. 39 présentent quinze points où la vitesse est limitée à 40 ou 60 kilomètres à l'heure. Cette sujétion, a comme conséquence de diminuer considérablement la valeur de la vitesse commerciale, malgré une vitesse moyenne de marche élevée.

Fig. 1. — LOCOMOTIVE EXPRESS POUR LIGNES DE NIVEAU (type 12).



D'une manière générale, la locomotive express type 12, est construite pour remorquer une charge de 150 tonnes, à la vitesse de 90 kilomètres à l'heure sur rampe de 0^m, 005 et sur une longueur d'au moins 5 kilomètres, sans abaissement de la pression et du niveau de l'eau dans la chaudière (1).

Ces données supposent un effort de traction tangentiel de 3.800 kilog. en comptant sur un poids de 80 tonnes en ordre moyen de marche pour la locomotive et le tender.

La surface de grille de 4^m, 71 a été calculée, en se basant sur une consommation moyenne par mètre carré et par heure de 270 kilog. de charbon demi-gras, vaporisant environ 8 kilog. d'eau, soit une vaporisation pratique de 10.150 kilog. d'eau par heure.

Enfin l'on s'était donné la condition de ne pas dépasser 50 % d'admission.

Les dimensions principales sont contenues dans le tableau ci-dessous :

Diamètre des roues motrices.....	2 ^m , 400
Diamètre des cylindres	500 ^m /m
Course des pistons	600

(1) Voir *Revue Générale*, année 1890, Mai, page 301, et Pl. XLIV.

Diamètre moyen de la chaudière	1 ^m ,300	
Nombre de tubes lisses	242	
Longueur des tubes.....	3 ^m ,850	
Diamètre extérieur des tubes	45 ^m / _m	
Surface de chauffe { du foyer.....	12 ^m ² , 500	
{ du tube.....	112 ^m ² , 175	
Surface de chauffe totale	124 ^m ² , 675	
Surface de la grille	4 ^m ² , 7071	
Capacité de la chaudière.....	6 ^m ³ , 400	
Poids {	1 ^{er} essieu.....	10.000
	2 ^e d ^o	15.750
	3 ^e d ^o	15.750
	4 ^e d ^o	10.200
Poids total en ordre de marche.....	51 ^t , 700	
Poids de la locomotive à vide.....	48 ^t , 000	
Pression maxima en kilog. ou atmosphères	10 atm.	

Quelques locomotives de ce type ont été établies avec des tubes Serve. Elles comportent alors 111 de ces tubes, ayant 0, 066 de diamètre extérieur.

Description détaillée. — L'une des trois locomotives type 12 exposées, a été construite dans les ateliers centraux de l'Etat-Belge à Malines; et afin de mettre nettement en évidence l'exécution du travail de la chaudière et du mécanisme (qui a été fait en utilisant presque exclusivement les machines-outils) cette locomotive est dépourvue de ses enveloppes et n'a reçu aucune application de peinture.

Ce résultat est dû au degré de perfectionnement des fraiseuses, des perceuses, des scies à ruban à découper les métaux, et particulièrement des machines à meules d'émeri qui rectifient avec la dernière précision les pièces de mécanisme.

Le travail au moyen des outils à main a donc été réduit à sa plus simple expression, au point que trente limes seulement ont été usées pour le travail d'ajustage. Encore faut-il faire remarquer qu'elles ont été employées dans le montage du châssis, lorsque le transport des pièces lourdes des fosses de montage aux machines-outils eût été trop onéreux.

Les tôles de la chaudière, de la boîte à fumée, les traverses ont été découpées à la scie à ruban suivant le tracé fait sur la pièce.

Le cadre du foyer a été fraisé d'une pièce sur trois faces: les pièces du mécanisme moteur et de distribution ont été forgées sur calibres, tracées, puis fraisées et celles qui ont été cimentées et trempées ont été rectifiées aux machines à meuler. Toutes les pièces du mouvement ont été forgées sans soudure, y compris les bielles motrices et d'accouplement dont chaque tête est venue de forge avec le corps.

Enfin toute la robinetterie a été parachevée avec les outils américains les plus perfectionnés.

Cette machine est pourvue de la distribution Walschaert.

Les deux autres locomotives type 12 ont été construites l'une par la Société anonyme de la Meuse à Liège, l'autre par la Société anonyme des forges, usines et fonderies de Haine St-Pierre. La première est pourvue de la distribution à tiroirs cylindriques indépendants, deux pour l'admission et deux pour l'échappement, système *Durant et Lencachez*, telle qu'elle est

appliquée sur les locomotives express de la Compagnie d'Orléans, en France ; la seconde est munie de la distribution à tiroirs plans indépendants, deux pour l'admission, et deux pour l'échappement, *ystème Hoyois*.

En dehors de ces particularités, voici les conditions principales de construction communes à ces trois modèles.

Le châssis est constitué par deux longerons extérieurs en fer homogène de 22^m/_m d'épaisseur, solidement entretoisés en plusieurs points.

La chaudière repose à l'arrière sur un support en tôle flexible, et sur huit supports à dilatation : elle glisse à l'avant sur les pattes venues de fonte avec les cylindres, fortement boulonnés aux longerons extérieurs.

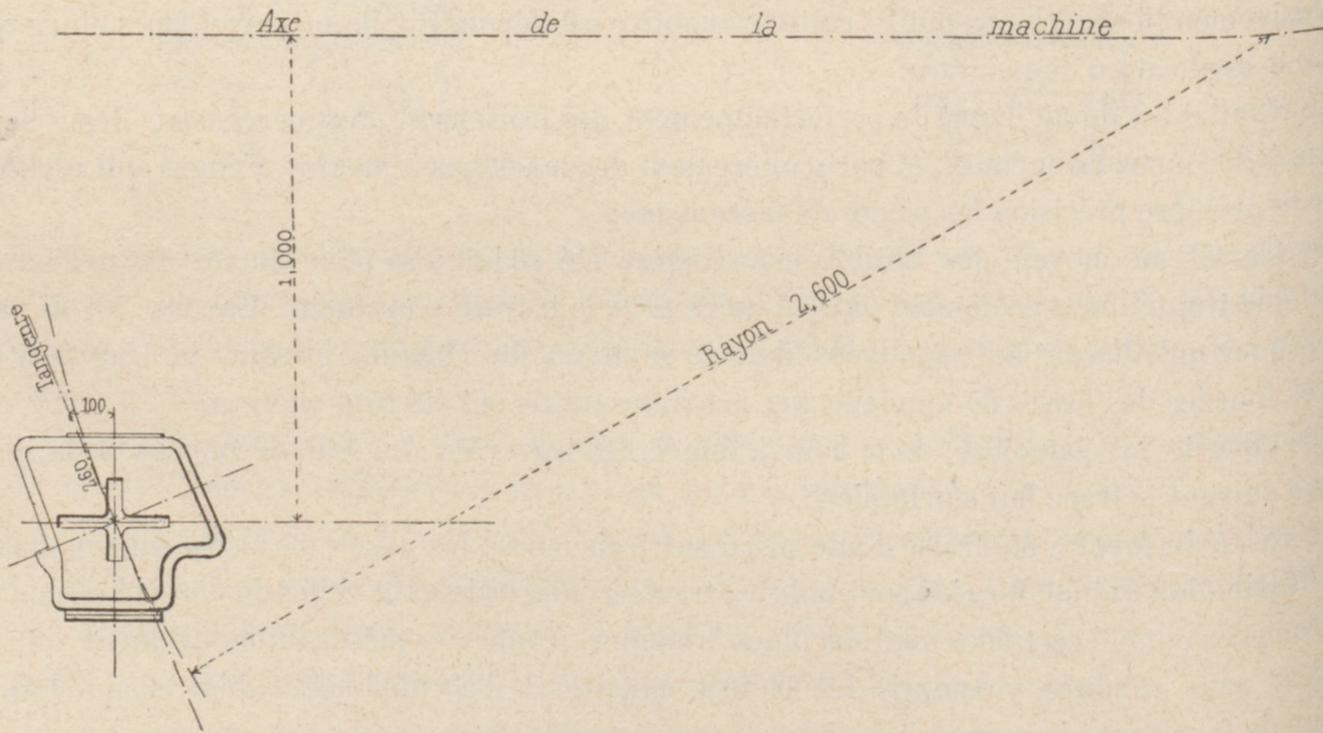
L'essieu coudé est du type ordinaire sans renforcement par frettes : il est supporté en son milieu par une boîte logée dans un longeronnet central, qui s'attache sur deux entretoises des longerons principaux.

Les roues en fer forgé sont munies de bandage en acier Bessemer, maintenues sur les jantes au moyen de cercles, conformément au mode d'attache « London Chatham ».

Les huit boîtes à huile dont deux radiales à l'avant sont en acier coulé ainsi que les guides formant cage complète, pour le renforcement des échancrures des longerons.

Pour faciliter le passage en courbe, l'essieu d'avant est muni de boîtes radiales à plans inclinés, guidées entre glissières courbes qui l'obligent ainsi à tourner autour d'un axe vertical.

Fig. 2. — Boîtes radiales à plans inclinés.

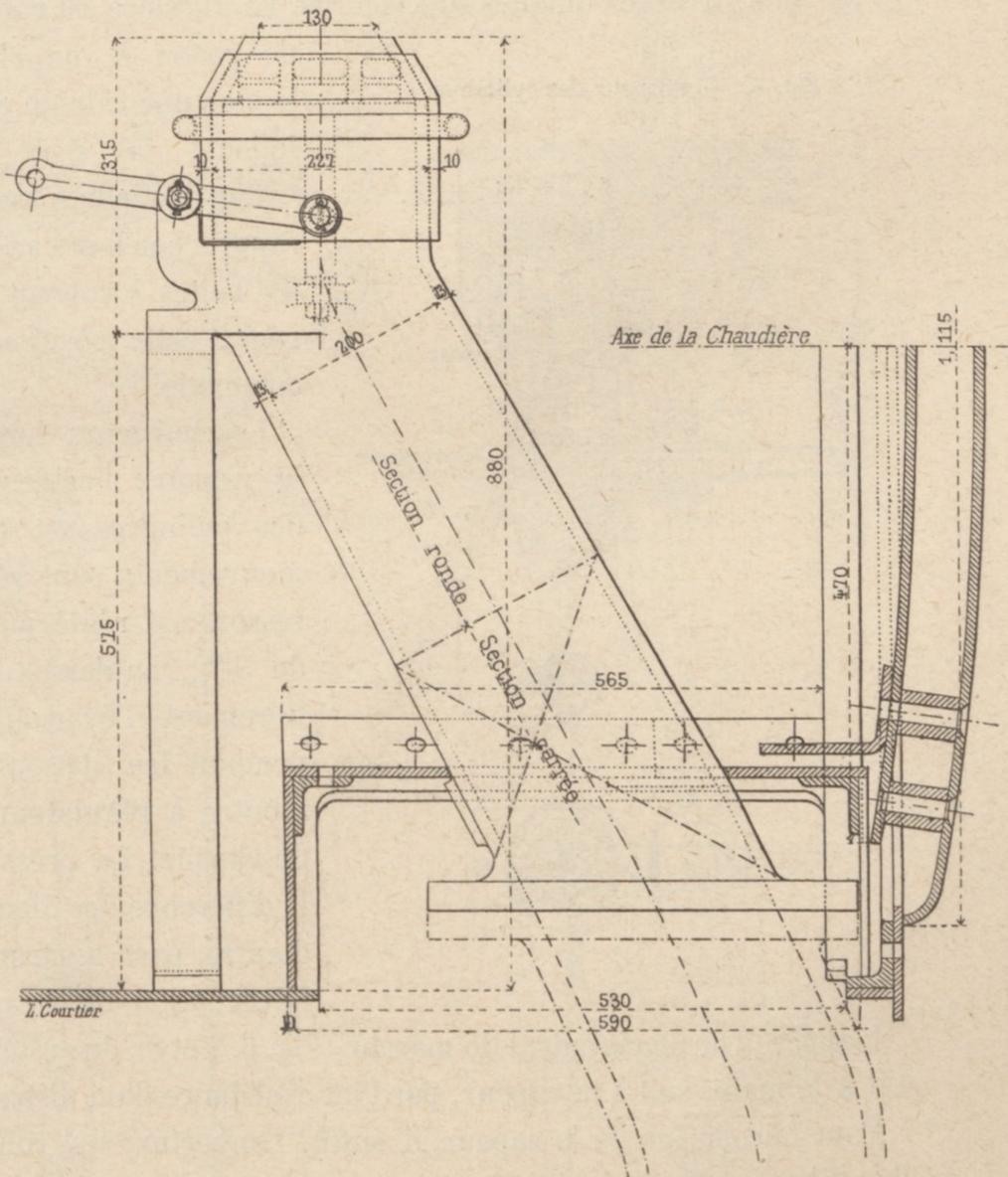
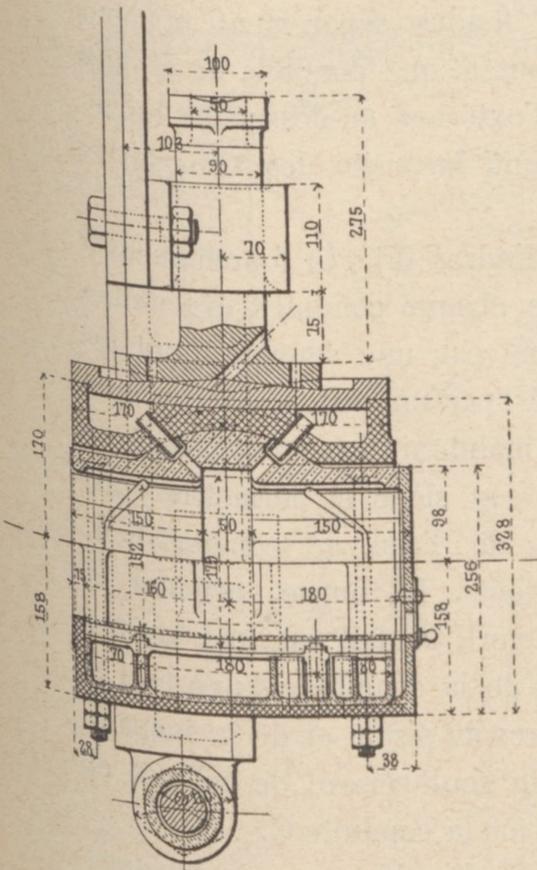


En outre le coussinet de chaque boîte (Fig. 2 et 3) peut se déplacer de manière à permettre une inclinaison de l'essieu dans le plan vertical, sans forcer les guides : ce résultat est obtenu en donnant au coussinet la forme de tampon sphérique qui s'engage exactement dans un boisseau pratiqué dans le corps de boîte, et en laissant un jeu latéral de 5^m/_m entre le coussinet et la boîte.

Toutes les précautions ont été prises pour assurer un bon graissage des plans inclinés et du coussinet, lubrifié constamment par des disques tournant dans l'huile des sous-boîtes.

Fig. 4. — ÉCHAPPEMENT DES LOCOMOTIVES EXPRESS (type 12).

Fig. 3. — Boîtes radiales à plans inclinés.



Chaudière. — La chaudière timbrée à 10 atmosphères est munie de tubes en laiton, système Serve.

Le foyer est en cuivre rouge ; sa partie arrière déborde au-dessus des roues (1).

L'alimentation est assurée par deux injecteurs « Restarting Gresham Combination », fixés contre la paroi arrière de la boîte à feu et qui peuvent débiter chacun 125 à 130 litres par minute.

Les soupapes de sûreté à charge directe sont du système Wilson.

Le tube à niveau d'eau, système Dewrance est à fermeture automatique, en cas de rupture.

L'échappement (Fig. 4) est quelquefois circulaire, mais le plus souvent à section carrée. Il est variable et commun pour les deux cylindres. Il est constitué par une tête fixe, terminée par une collerette percée d'ouvertures elliptiques, et par une partie mobile en cuivre ajusté sur la tête fixe, coulissant dans le sens vertical, sur une longueur de 55^m/_m. L'échappement est complètement serré, lorsque les orifices elliptiques sont fermés, ce qui correspond à la position

(1) *Revue Générale*, Mai 1890, p. 301, Fig. 80 et 81.

Fig 6, 7 et 8 — CHANGEMENT DE MARCHÉ DES LOCOMOTIVES EXPRESS.

Fig. 6.

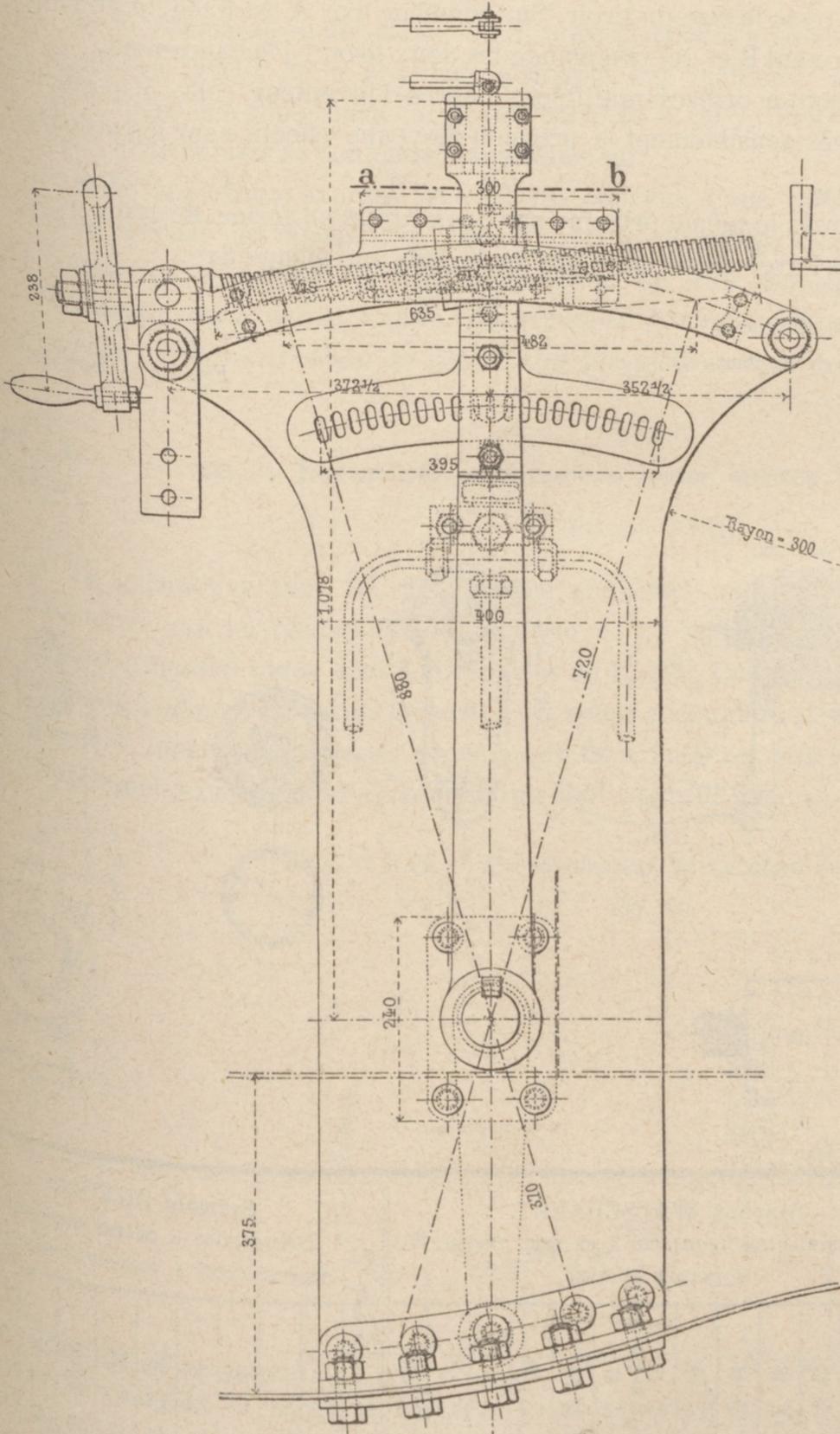


Fig. 7.

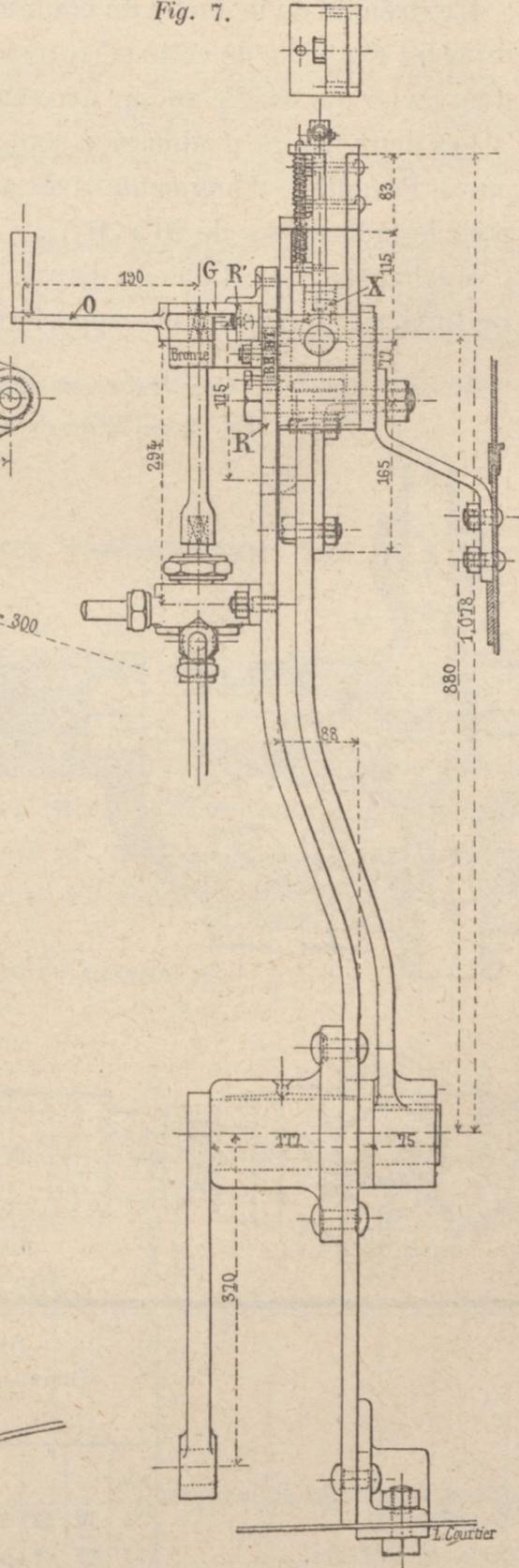
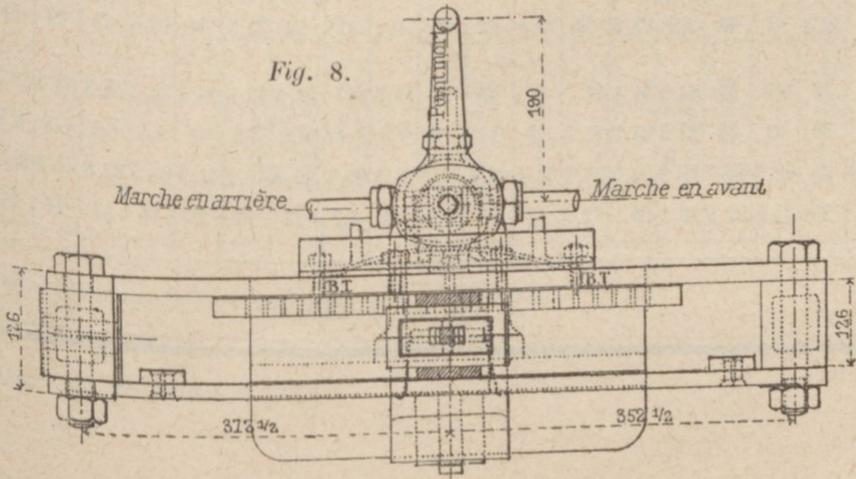


Fig. 8.



Le mécanisme n'a qu'un excentrique calé à 90° sur la manivelle motrice.

L'extrémité de la bielle du coulisseau est articulée directement sur le levier d'avance, près du point d'attache de cette pièce avec la tige du tiroir. Sur ce même axe A est fixée l'extrémité d'un levier qui oscille autour du point B et qui commande les deux tiroirs d'échappement.

Les deux tiroirs d'admission sont à orifices multiples : d'après l'inventeur, cette disposition aurait l'avantage d'augmenter très sensiblement la pression moyenne effective sur les pistons, pour les admissions de 20 à 30 %.

L'échappement est obtenu d'après le même principe par deux tiroirs en forme de grille dont les lumières se mettent en rapport avec des orifices pratiqués dans une plaque fixe.

CHAUFFAGE DES TRAINS.

Fig. 9. — Prise de vapeur.

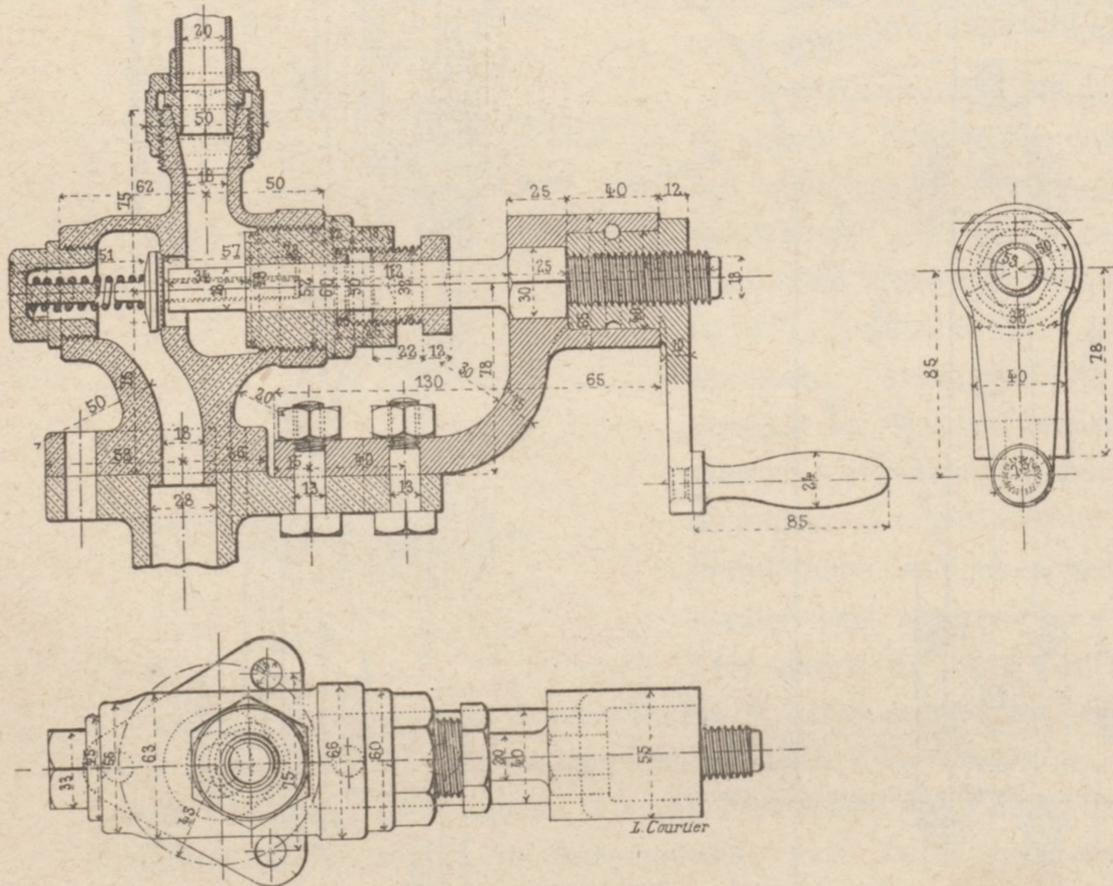
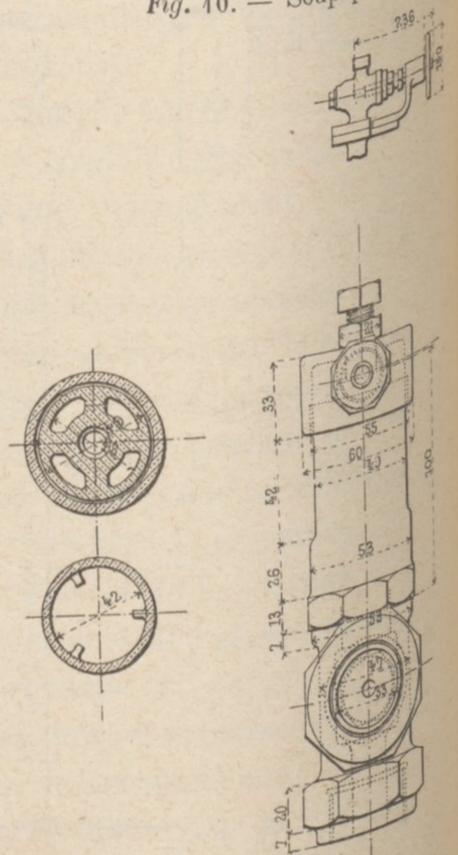


Fig. 10. — Soupape.



		SYSTÈME WALSCHAERT. DISTRIBUTION ORDINAIRE A UN SEUL TIROIR A DOUBLE ENTRÉE.													SYSTÈME HOYOIS. DISTRIBUTION A QUATRE CYLINDRES INDÉPENDANTS A QUADRUPLE ENTRÉE.												
		P.M.													P.M.												
ADMISSION	Moyenne en centième de la course du piston.....	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	75	77	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70		
	Avance en centièmes.....	6,7	4,7	3	2,2	1,7	1,3	0,9	0,8	0,6	0,4	0,2	0,2	0,2	5,7	3,3	2,1	1,5	1,1	0,8	0,7	0,6	0,4	0,2	0,15		
	Avance linéaire total en (m/m)....	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		
	Course correspondante des tiroirs...	58	58	59,5	61	63	65	67,5	70	76,5	85	99	108	114	52	52,5	54	55,5	57	59	61	63,5	69,5	77,5	89		
Détente..... en centièmes..	46	49	49	49	47	44,5	41,5	38,7	34	28	21	17,5	17	88,5	83,5	78,5	73,5	68,5	63,5	58,5	53,5	43,5	33,5	23,5			
Échappement anticipé d° ..	49	41	36	31	38	25,5	23,5	21,3	16	12	9	7,5	6	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5			
Échappement d° ..	42,3	52,3	60	65,3	68,7	72,2	74,6	76,7	82,4	86,6	90,3	91,8	93,1	80,3	82,7	83,9	84,5	84,9	85,2	85,3	85,4	85,6	85,8	86,8			
Compression d° ..	51	43	37	32,5	29,6	26,5	24,5	22,5	17	13	9,5	8	6,7	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14			

P. M. Point mort.

Le tableau ci-dessus permet de comparer les différentes phases d'une distribution Walschaert à un seul tiroir à double entrée, avec celles de la distribution à quatre tiroirs indépendants à quadruple entrée, système Hoyois.

De la comparaison des diagrammes relevés dans des conditions en marche assez variées, il résulte en faveur de la distribution Hoyois, une meilleure utilisation de la vapeur d'environ 15 %, pour des admissions comprises entre 20 et 30 %. Pour les autres crans de marche, les deux distributions se confondent sensiblement.

Enfin la machine express type 12, est pourvue d'une sablière ordinaire à 4 tuyaux, d'une prise spéciale de vapeur (Fig. 9 et 10) pour le chauffage des trains, avec soupape réglée de manière à ne jamais dépasser la pression de trois atmosphères dans la conduite ; du frein Westinghouse à action rapide, du graisseur à condensation « Nathan » à débit réglable et visible, et d'un indicateur de vitesse non enregistreur système Carlier.

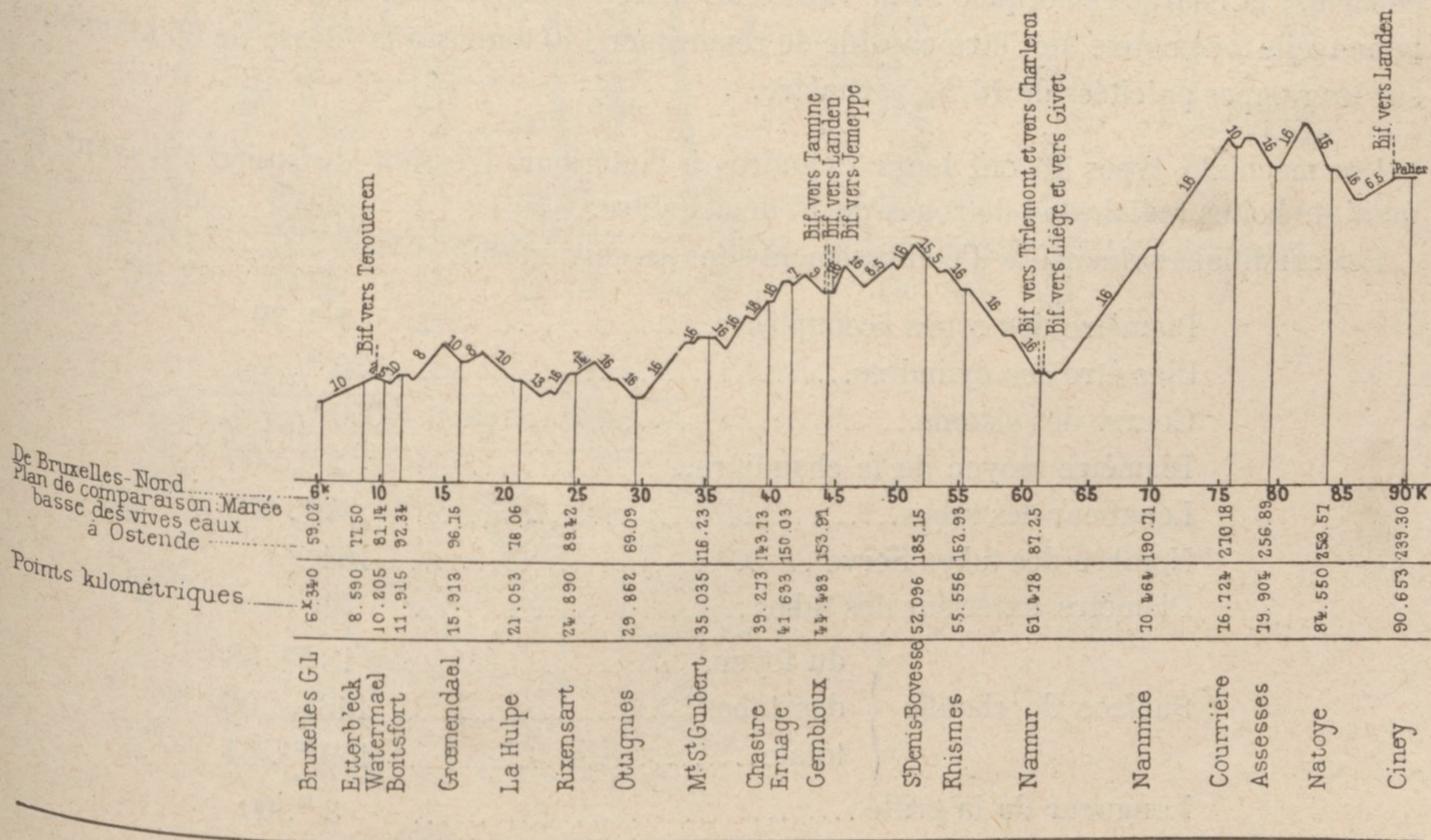
II. — Locomotives express pour fortes rampes (Type 16).

(Planche XXII).

La locomotive type 16, à cylindres intérieurs construite par la Société de Marcinelle et Couillet, est un exemplaire d'une série de 27 locomotives express à voyageurs pour fortes rampes, ayant 8 roues dont 4 accouplées de 1^m,700. Ces machines sont destinées à remplacer le type de locomotive express (type 6) à six roues accouplées (1) étudiée pour remorquer la charge de 110 tonnes à la vitesse moyenne de 60 kilomètres sur les rampes de 16^m/m de la ligne fortement accidentée du Luxembourg, dont le profil général est représenté Fig. 11 et 12.

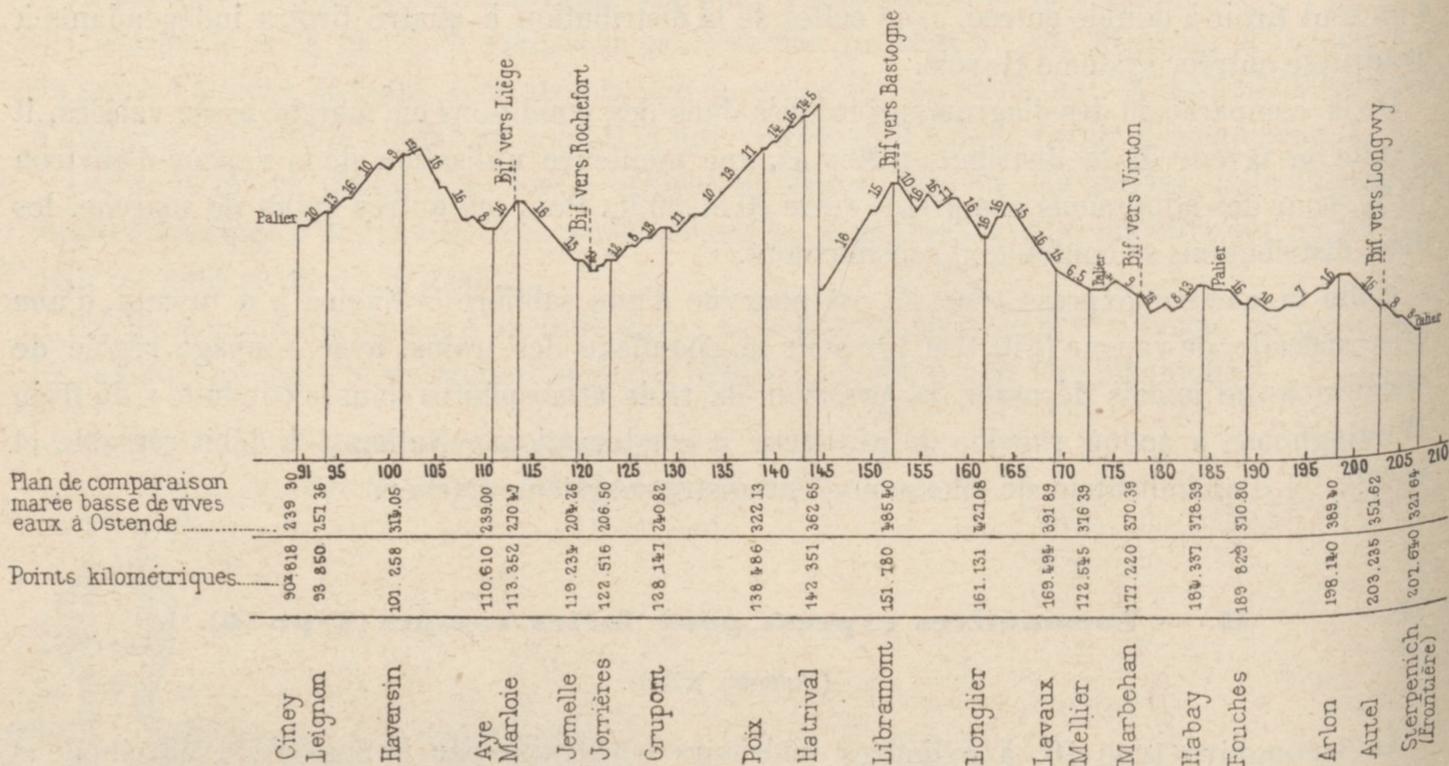
Fig. 11 et 12. — PROFIL GÉNÉRAL DE LA LIGNE DU LUXEMBOURG.

Fig. 11.



(1) Revue Générale, Mai 1890, page 342 et Pl. XLV.

Fig. 12



Cette ligne comprend d'assez longs parcours, avec des déclivités variant de 12 à 16 m/m, comme les 15 kilomètres qui séparent Namur de Courrière et les 32 kilomètres de Jemelle à Libramont.

La locomotive type 6, étant devenue insuffisante par suite de l'importance du trafic, l'Etat-Belge a été conduit à créer une machine analogue, mais plus puissante, appelée type 16. Cette locomotive type 16 ne diffère donc de la précédente que par les dimensions plus grandes de la chaudière et du mécanisme, afin d'en accroître la puissance totale de 30 %. Les deux éléments, la charge remorquée et la vitesse de marche, ont été augmentés simultanément et la nouvelle locomotive doit être capable de remorquer 140 tonnes à la vitesse de 65 kilomètres sur les rampes précitées de 16 m/m par mètre.

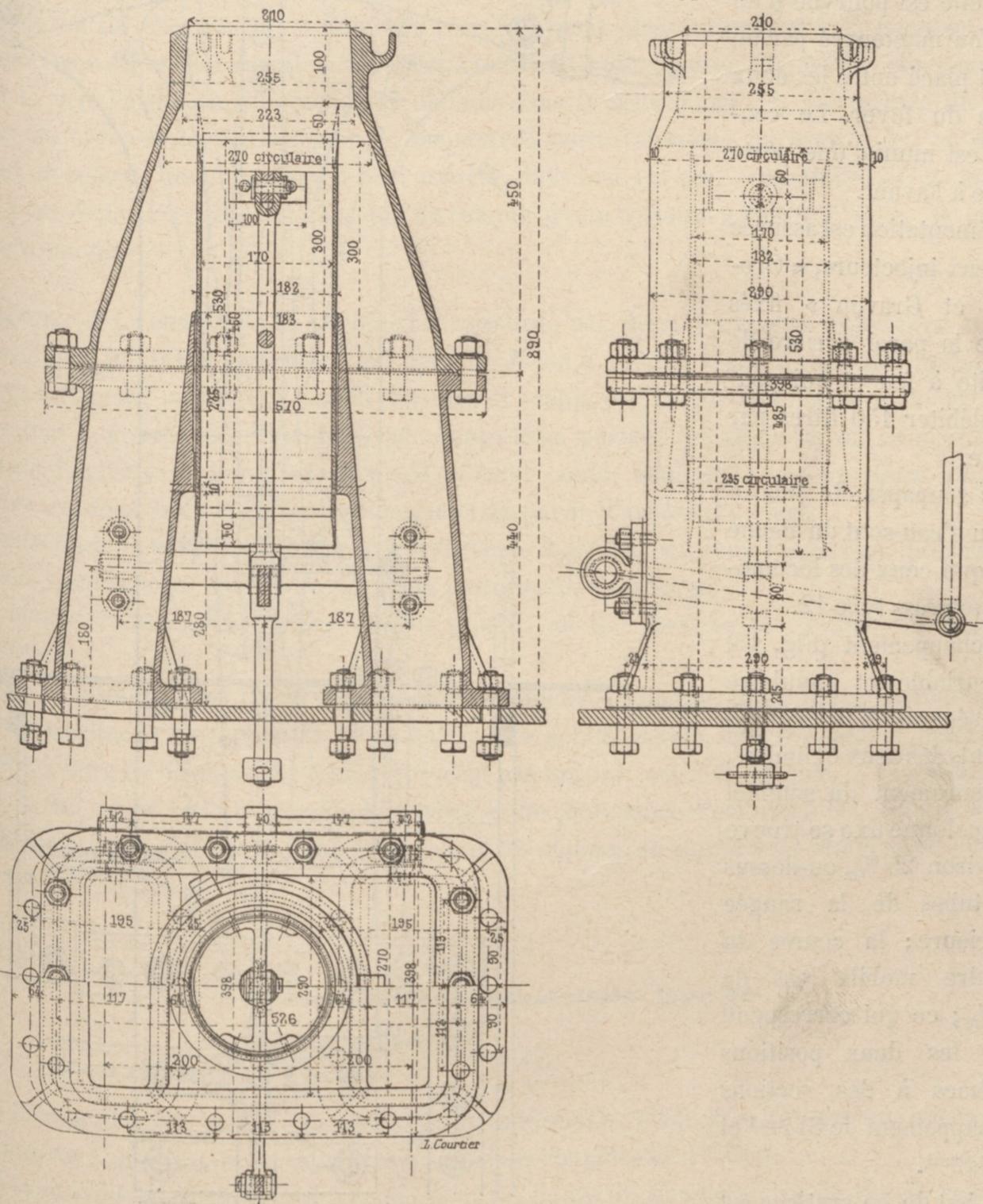
Les machines types 16 ont leurs cylindres à l'intérieur. L'essieu de support d'avant est muni de boîtes radiales, et de roues de 1^m de diamètre.

Les conditions principales d'établissement sont les suivantes :

Diamètre des roues accouplées.....	1 m, 70	
Diamètre des cylindres.....	530 m/m	
Course des pistons... ..	650 m/m	
Diamètre moyen de la chaudière.....	1 m, 500	
Longueur des tubes.....	4 m, 050	
Nombre des tubes Serve	164	
Diamètre extérieur des tubes	70	
Surface de chauffe {	du foyer.....	13 m ² , 58
	des tubes.....	146 06
	totale.....	159 m ² , 64
Longueur de la grille	3 m, 00	
Largeur de la grille	2 m, 660	
Surface de la grille.....	6 m ² , 86	

Poids	}	1 ^{er} essieu.....	12.000
		2 ^e d ^o	16.600
		3 ^e d ^o	16.900
		4 ^e d ^o	16.550
Poids total en ordre de marche.....		62.050	
Poids de la locomotive à vide.....		56.450	
Timbre de la chaudière.....		12 kg.	
Capacité de la chaudière.....		7 m ³ ,856	
Empatement rigide.....		4 m, 565	
Empatement total.....		6 m, 965	

Fig. 13. — ÉCHAPPEMENT DES LOCOMOTIVES (type 16).



Description détaillée. — Les cylindres présentent une inclinaison de 8,5% et les pistons actionnent le deuxième essieu accouplé.

Conformément au dispositif adopté par les chemins de fer de l'Etat-Belge, le foyer est au-dessus de l'essieu d'arrière.

Chaudière. — Les tubes sont en acier doux. La grille est formée de barreaux crénelés, pour éviter l'empatement des mêche-fers : elle est pourvue d'un jette-feu manœuvré par un volant placé entre les deux portes du foyer. Le cendrier est muni d'une porte mobile à l'avant.

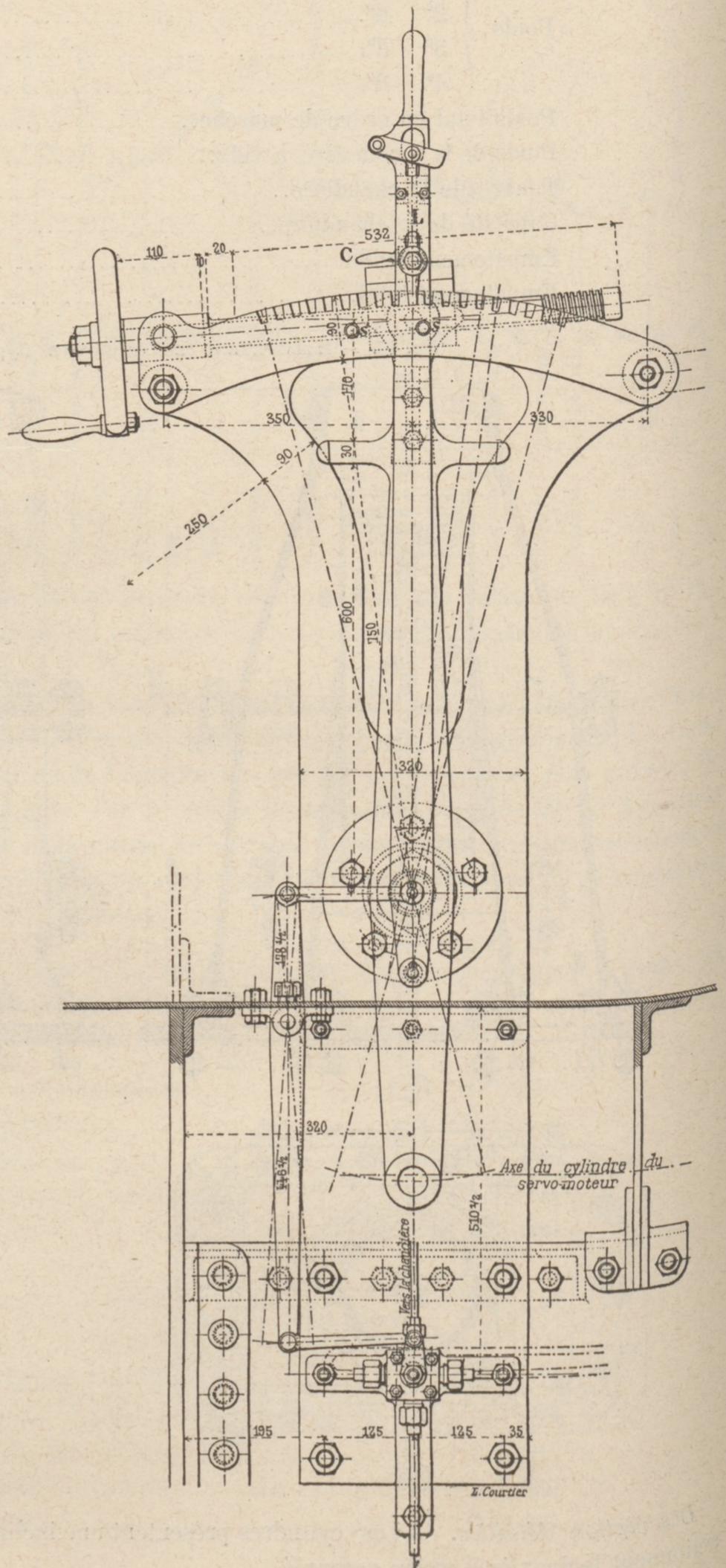
L'alimentation est assurée par deux injecteurs, « Gresham et Graven » fixés contre la paroi arrière de la boîte à feu et qui peuvent débiter 150 litres par minute.

Les soupapes, le tube à niveau d'eau sont du même type que ceux des locomotives express type 12.

L'échappement (Fig. 13) est variable et annulaire avec séparation des échappements des deux cylindres. L'affleurement du sommet de la colonne fixe se trouve à environ 25 m/m au-dessus des tubes de la rangée supérieure; la course du cylindre mobile est de 50 m/m ; ce qui correspond pour les deux positions extrêmes à des sections d'échappement de 314 cm^2 et de 133 cm^2 .

Le but de ce système est de répartir uniformément

Fig. 14 — CHANGEMENT DE MARCHE DES LOCOMOTIVES (type 16).



l'appel d'air sur toute l'étendue du faisceau tubulaire et de produire un tirage assez énergique et régulier, sans entraînement de combustible dans les boîtes à fumée, même avec des charbons légers.

La boîte à fumée est de grandes dimensions, *sans grille à flammèches* : elle est pourvue d'une cheminée tronc conique ayant 0^m,85 de diamètre à la base : enfin une trémie, manœuvrée de l'extérieur, permet de vider le fraïsil en cours de route.

Mécanismes moteur et de distribution. — Les mécanismes de distribution sont du système Hoyois : les pièces sont en fer cémenté et trempé.

Les mêmes particularités mentionnées pour la locomotive type 12, en ce qui concerne les guidages des tiges de tiroirs et de pistons, ainsi que la suspension de l'essieu coudé en son milieu, se représentent sur la locomotive type 16.

L'appareil de changement de marche (Fig. 14), peut être manœuvré à la main ou par la vapeur. Dans ce dernier cas, il suffit, après avoir rendu fou l'écrou sur la vis, de pousser le levier L, vers l'avant ou l'arrière, pour obtenir dans le sens demandé, l'ouverture du distributeur du servo-moteur. Le levier de manœuvre porte lui-même un verrou qui se déplace devant un secteur denté fixe et qui peut assurer, dans tous les cas, l'immobilité de la marche ; enfin pour éviter les chocs, on a eu soin de remplir d'une certaine quantité d'huile, le cylindre du servo-moteur.

Châssis. — Le châssis de la machine est constitué par deux longerons extérieurs en métal homogène de 0^m,030 d'épaisseur, découpés de façon à rendre facile l'accès des mécanismes. Ils sont fortement entretoisés par la traverse d'avant, par la partie inférieure de la boîte à fumée, par le groupe des cylindres, par l'entretoise portant les supports de coulisses et les supports de glissières, par une forte pièce en acier coulé, boulonnée sur les deux longerons, entre le troisième et le quatrième essieu, et enfin par la traverse d'arrière.

L'entretoise en acier coulé est relié à la traverse d'arrière par deux longerons intérieurs sur lesquels vient reposer par des équerres, la partie arrière du foyer.

La chaudière repose à l'arrière sur un support en tôle flexible et coulisse sur ses autres supports.

Enfin la machine type 16 est pourvue d'une sablière ordinaire, d'un indicateur de vitesse, système Carlier et des appareils Westinghouse à action rapide, qui freinent la machine par l'intermédiaire de 6 sabots. Le tender qui n'est pas exposé, est à 3 essieux. La capacité de la caisse à eau est de 14^m3 et la soute à charbon a une contenance d'environ 5.000 kilog. L'attelage à la locomotive se fait par un tendeur rigide et les chaînes de sûreté sont remplacées par deux tendeurs ordinaires.

Locomotive à marchandises, type 25.

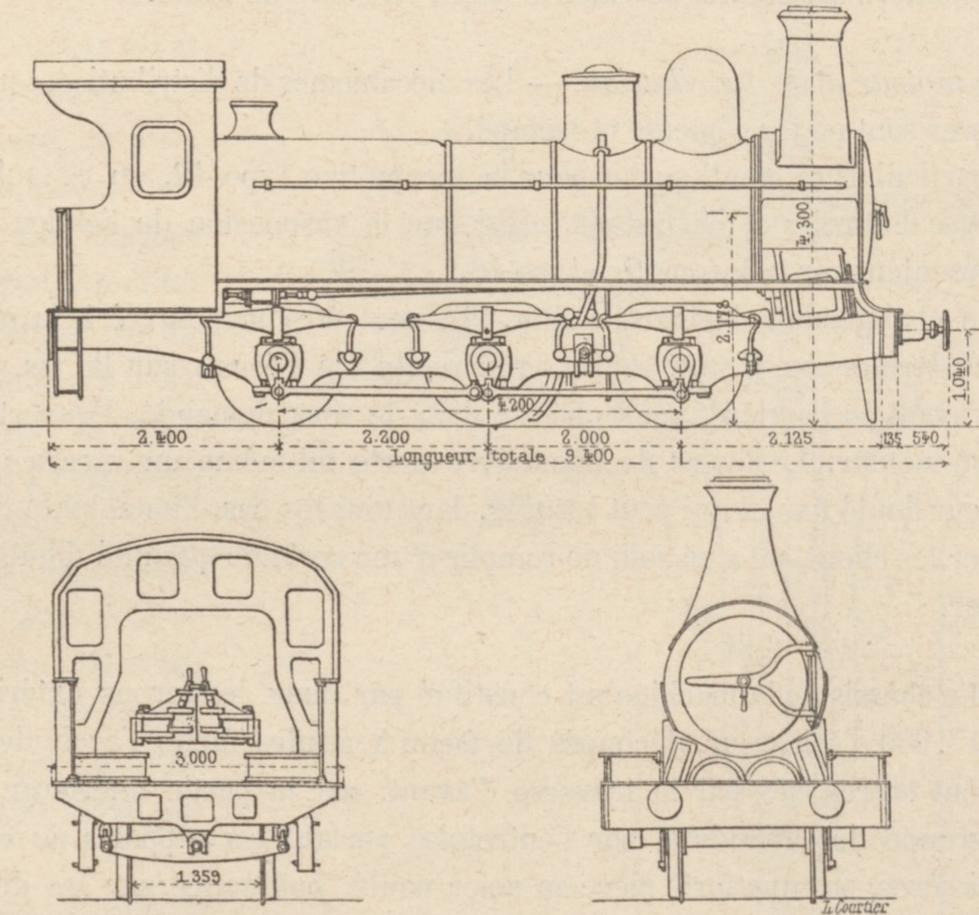
(Fig. 15).

La locomotive 424, construite par MM. Zimmermann, Hanrez et C^{ie} est un spécimen des locomotives à marchandises ordinaires à six roues couplées de 1^m,300.

Ce type avait été étudié primitivement pour les lignes du Luxembourg, en vue de remorquer sur rampe continue de 0^m,016, à la vitesse de 30 kilomètres à l'heure une charge de 230 tonnes,

sans chute de pression, ni abaissement du niveau de l'eau dans la chaudière (1). Ce résultat est obtenu, en brûlant environ 260 kilog. à 300 kilog. de combustible par mètre carré de surface de grille et par heure, avec une vaporisation de 7 kilog. à 7 kilog. 5 d'eau par kilogramme de houille.

Fig. 15. — LOCOMOTIVE A MARCHANDISES (type 25).



Remorquant la charge de 230 tonnes dans les conditions du programme énoncé ci-dessus, la chaudière a vaporisé 11.340 kilog. d'eau par heure, soit environ 190 litres par minute ou 94 kilog. par mètre carré de surface de chauffe.

La machine type 25 est à 6 roues toutes couplées. Les cylindres sont intérieurs : le bâti est à l'extérieur, et le foyer est au-dessus de la troisième paire de roues, qu'il déborde en largeur. Les principales dimensions de la locomotive type 25 sont les suivantes :

Diamètre des roues motrices.....	1 ^m ,30
Diamètre des cylindres.....	500 ^m / _m
Course des pistons.....	600 ^m / _m
Diamètre moyen de la chaudière	1 ^m ,400
Nombre des tubes.....	251
Longueur des tubes.....	3 ^m , 510
Diamètre extérieur des tubes.....	45 ^m / _m
Surface de chauffe	{ du foyer..... 11 ^m ² , 3310 des tubes..... 109 ^m ² , 3550 totale..... 120 ^m ² , 686

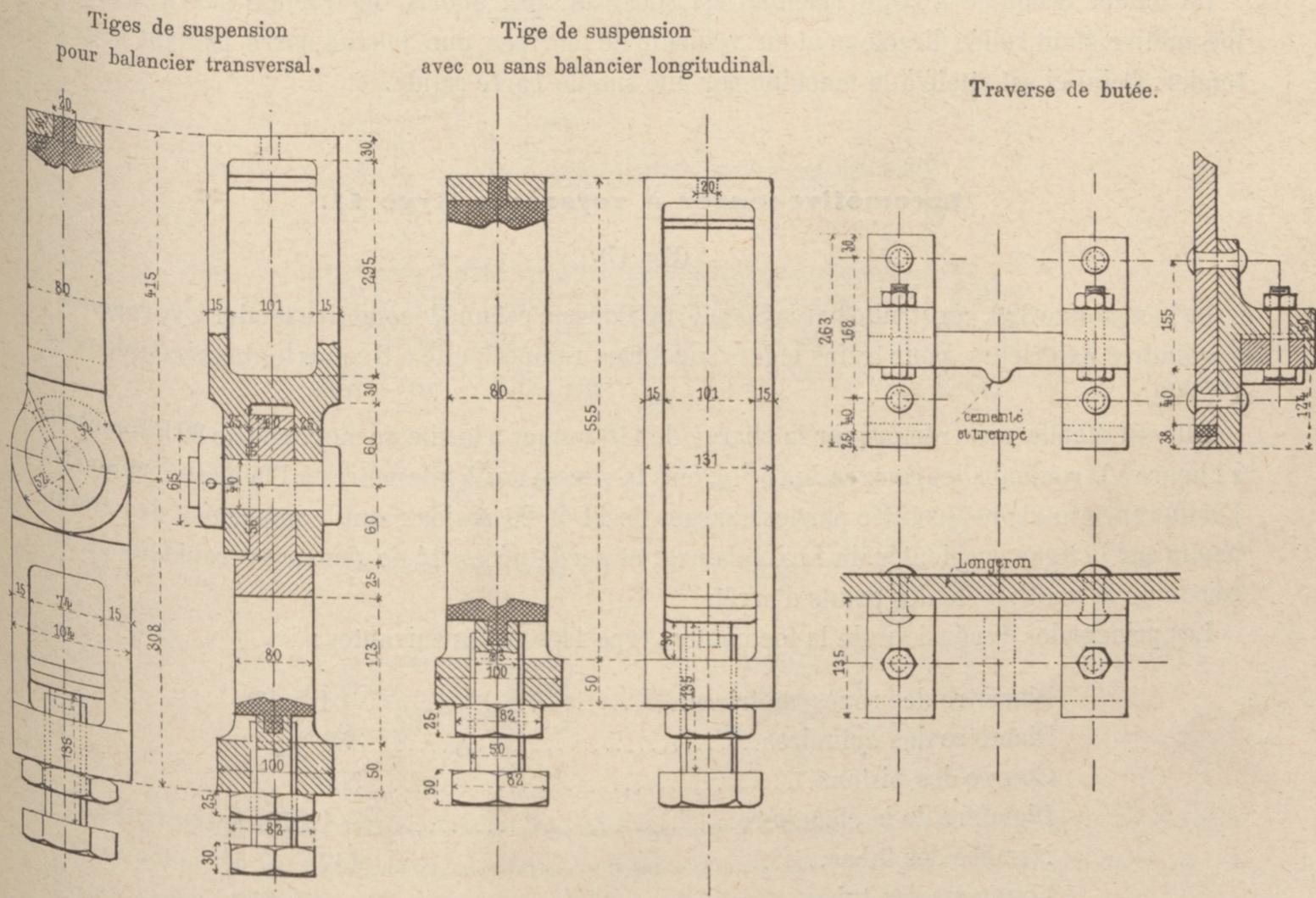
(1) *Revue Générale*, Janvier 1886, Pl. IV et Mai 1890, Pl. XLV.

Surface de la grille	5 m ² , 149	
Capacité de la chaudière.....	6 m ³ , 400	
Poids {	1 ^{er} essieu.....	14.600
	2 ^e essieu.....	14.800
	3 ^e essieu.....	13.800
Poids total en ordre de marche	43.200 kilog.	
Poids de la locomotive à vide	39.800 kilog.	
Pression maxima de la chaudière	10 kilog.	
Système de la distribution.....	Walschaert.	

Description détaillée. — Le bâti est constitué par deux longerons extérieurs en fer de 30 m/m d'épaisseur, avec entretoises reliées longitudinalement par un longeron de centre.

Conformément au dispositif général adopté pour la suspension, les ressorts sont renversés : ils n'ont pas de flèche de fabrication ; sans charge ils sont droits et fléchissent de plus en plus, sous l'action du poids.

Fig. 16. — TIGES DE SUSPENSION DE LOCOMOTIVES (type 25)



Sur la locomotive type 25, ils sont formés de 23 lames d'acier étagées de 100 × 10 : leur longueur est de 1 m, 50. Les tiges de suspension présentent un dispositif (Fig. 16) étudié pour supprimer la partie filetée et de ce fait les chances de rupture. La tige de suspension est formée d'une bride très allongée : à la partie supérieure est fixée une selette où vient reposer la maîtresse feuille du ressort. Le réglage se fait à la partie inférieure, par une vis qui vient butter

par l'intermédiaire d'une deuxième selette, contre un arrêt fixé au longeron, dans le cas, où il n'existe aucune liaison par balancier.

Les ressorts des roues motrices et des roues d'avant sont reliés par des balanciers, il en est de même transversalement entre les ressorts des roues d'arrière : cette répartition du poids sur trois points donne de bons résultats. En outre les articulations sont montées sur couteaux d'acier : ce que l'on a trouvé préférable aux tourillons.

Le foyer qui mesure 2^m, 71 de long sur 1^m, 768 de large et débordé au-dessus des roues est entièrement en cuivre rouge. La boîte à feu et le corps cylindrique sont en tôle de fer de 14^{m/m} d'épaisseur : les tubes sont en laiton.

Les deux injecteurs montés à l'arrière sous le tablier sont du système Rongy, et débitent environ 90 à 100 litres par minute.

Le relevage de la distribution, est commandé par un changement de marche à vapeur, complété par un levier à main, avec secteur denté.

En outre la locomotive type 25 est munie du graisseur continu Nathan qui lubrifie séparément les tiroirs et les pistons ; on peut aussi fonctionner en contre-vapeur sur les pentes, en envoyant un mélange d'eau et de vapeur dans l'échappement.

Le tender accouplé à cette machine est soustrait aux efforts de traction sur le train, la locomotive étant reliée directement au véhicule de tête par une longue barre passant sous le tender. Celui-ci est attelé à la machine par une simple barre rigide.

Locomotive-tender à voyageurs. Type 11.

(Fig. 17).

La locomotive 323, construite par la Société de Boussu, est une locomotive tender à voyageurs ; à cylindres extérieurs, pour trains légers sur fortes rampes ; elle a 6 roues toutes accouplées de 1^m, 200.

Elle est établie pour remorquer la charge de 110 tonnes à la vitesse moyenne de 30 kilomètres à l'heure à la remonte des rampes de 16^{m/m}, ou à la vitesse de 55 kilomètres à l'heure en palier (1). L'adhérence totale est justifiée par les charges de 14 et 20 essieux que comportent des trains légers sur la ligne accidentée du Luxembourg, et par la nécessité de démarrer rapidement, en raison de la multiplicité des points d'arrêt.

Les principales dimensions de la locomotive type 11 sont les suivantes :

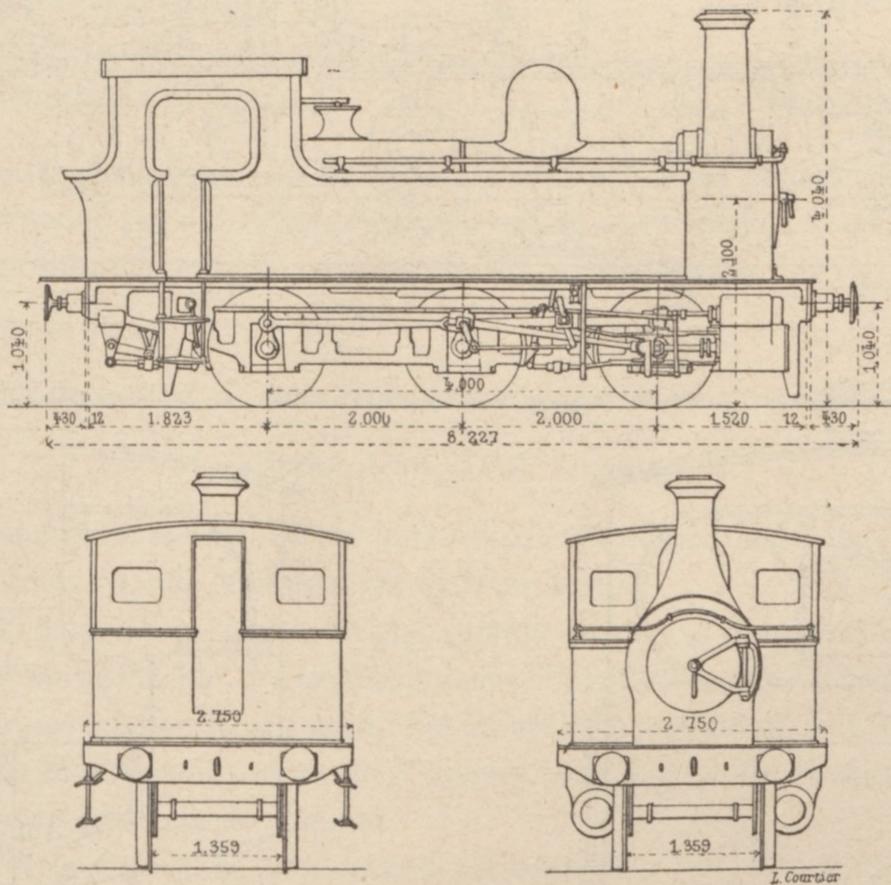
Diamètre des roues motrices.....	1 ^m , 20	
Diamètre des cylindres.....	350 ^{m/m}	
Course des pistons.....	500	
Diamètre de la chaudière.....	1.075	
Nombre des tubes.....	147	
Longueur des tubes.....	2 ^m , 550	
Diamètre extérieur des tubes.....	45	
Surface de chauffe	{ du foyer	6 ^{m²} , 763
	{ des tubes.....	46 ^{m²} , 176
	{ totale.....	52 ^{m²} , 939

(1) *Revue Générale*, Mai 1890, page 305, Pl. XLVI.

Longueur de la grille.....	1.830	
Largeur de la grille.....	1.128	
Surface de la grille.....	2 ^m , 0647	
Pression maxima en kg.....	11	
Capacité de la chaudière.....	2 ^m , 700	
Epaisseur des longerons.....	23 ^m / _m	
Poids {	1 ^{er} essieu.....	10.200
	2 ^e d°.....	10.700
	3 ^e d°.....	9.800
Poids total en ordre de marche.....	30.700	
Poids de la locomotive à vide.....	24.700	
Système de la distribution.....	Walschaert.	

Comme renseignements complémentaires ; l'échappement est fixe et circulaire (D = 95^m/_m).
 le sommet de la colonne est à environ 20 centim. au-dessus de la rangée supérieure des tubes.
 Ces derniers en laiton sont lisses.

Fig. 17. — LOCOMOTIVE TENDER A VOYAGEURS (type 11).



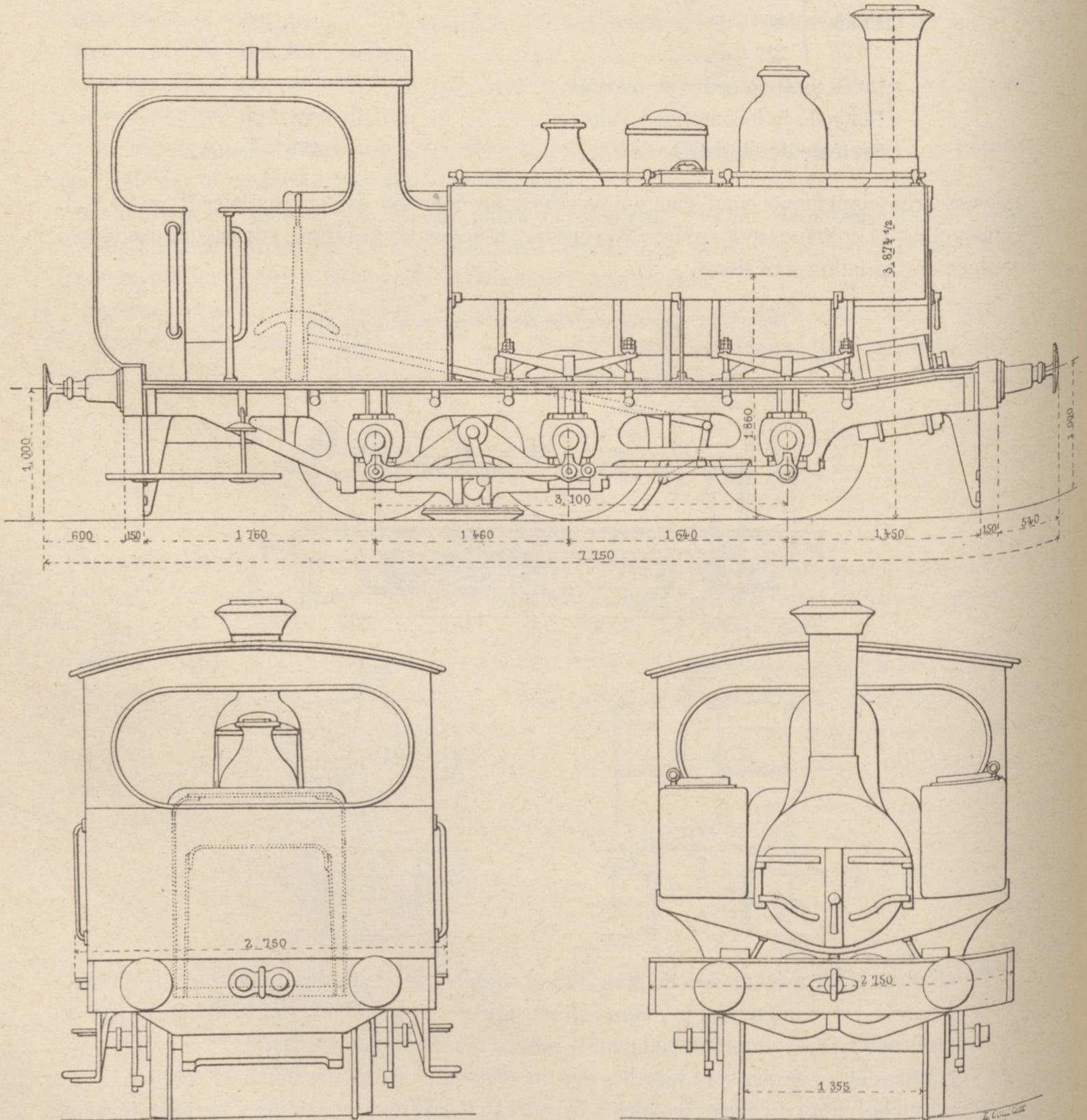
Les cylindres et les mécanismes de distribution sont à l'extérieur des longerons : le changement de marche est manœuvré à la main, soit par une vis et un volant, soit simplement par un levier, après avoir pris soin préalablement de rendre fou l'écrou sur la vis.
 Les cylindres et les tiroirs sont lubrifiés par un graisseur continu, système « Powell ».
 Le cendrier est muni de portes mobiles à l'avant et à l'arrière et les sablières peuvent déverser le sable de chaque côté des roues motrices.
 Enfin la machine porte un frein à main et les appareils du frein Westinghouse à action rapide. Elle est pourvue d'une cabine complète, avec toiture mobile pour l'aérage, et la tôle d'arrière porte deux châssis vitrés pour la marche tender en avant.

Locomotive de manœuvres. Type 51.

(Fig. 18).

La locomotive tender à 6 roues accouplées de 1^m, 200, construite par la Société la métallurgique est destinée aux manœuvres de gare.

Fig. 18. — LOCOMOTIVE DE MANŒUVRE (type 51).



Ses principales conditions d'établissement sont reproduites ci-dessous :

Diamètre des cylindres	0.380
Course des pistons.....	0.460

Diamètre de la chaudière.....	1.140
Nombre des tubes.....	165
Longueur des tubes.....	2.750
Diamètre extérieur des tubes.....	0.045
Surface de chauffe { au foyer.....	5.2944
{ dans les tubes.....	56.1285
Surface de chauffe totale.....	61.4229
Surface de chauffe de la grille.....	1.450
Longueur de la grille.....	1.300
Capacité de la chaudière.....	3.034
Capacité des caisses à eau.....	4.000 l.
Capacité des soutes à charbon.....	13.500 kil.
Poids sur les roues { d'avant.....	10.020
{ motrice.....	18.860
{ d'arrière.....	9.040
Poids total en ordre de marche.....	30.620
Poids de la locomotive à vide.....	24.300
Largeur de la grille.....	1.070
Pression maxima en atmosphère.....	8
Système de la coulisse.....	Walschaert.

A signaler : en outre pour rendre plus rapide la manœuvre du changement de marche, ce mécanisme est commandé par un simple levier. De même en raison des serrages incessants du frein, on a adopté la solution pratique et commode du frein à vapeur.

Locomotives Compound à marchandises pour fortes rampes. Série N. D.

(Planches XXII, XXIII, XXIV).

La locomotive, construite et exposée par la Société de Saint-Léonard (Liège) est une machine compound à avant-train articulé et moteur du système Mallet.

Cette machine est destinée au service du plan incliné de Liège à Ans, dont la déclivité atteint $31 \frac{m}{m} 2$ par mètre (voir profil, Fig. 19) les trains de marchandises en provenance de l'Allemagne. Actuellement ces trains dont la charge est de 138 unités (5^r 5 par unité), soit 760 tonnes, venant d'Aix-la-Chapelle et se dirigeant sur le port d'Anvers, sont obligés de rompre charge au pied de la rampe et de se reconstituer au sommet.

Les locomotives de la série N. D. sont destinées à supprimer ces manœuvres onéreuses, en même temps qu'elles apporteront un surcroît de sécurité sur ce tronçon de ligne à déclivité exceptionnelle. Le service de renfort pour les trains à charge complète sera assuré par deux machines de ce type, l'une en tête, l'autre en queue, indépendamment de la machine qui aura remorqué le train jusqu'à Liège.

Pour parvenir au degré de puissance capable de réaliser ce programme, et se placer dans des conditions d'adhérence convenable, on a été conduit à recourir à une machine articulée du système Mallet, établie dans des conditions jusqu'ici inusitées. Cette nouvelle locomotive à adhérence totale, qui peut développer un effort de traction tangentiel de plus de 16.000 kilog. pèse 108 tonnes avec ses approvisionnements au complet. Son poids est donc supérieur à celui

de la machine du Gothard (85.000 kilog.), et elle représente ainsi la plus grosse locomotive qui existe sur les chemins de fer de l'Europe. La voie sur laquelle elle doit circuler, est constituée en rails acier « Goliath », pesant 54 kilog., 2 au mètre courant.

Les conditions principales d'établissement sont reproduites dans le tableau ci-joint.

Description détaillée. — La locomotive série N.D. est à six essieux divisés en deux groupes. Le groupe d'arrière solidaire avec la chaudière est actionné par deux cylindres à haute pression ; le groupe d'avant mis en mouvement par deux cylindres à basse pression est relié au premier par une articulation double placée à peu près au milieu de la machine.

La chaudière dont la longueur est de 9^m,20 est fixée au châssis d'arrière et repose sur le châssis avant par des glissières noyées dans l'huile. L'avant-train comporte un déplacement latéral de 275 ^m/_m, contrôlé par des ressorts Belleville placés à l'avant sous la chaudière.

Dans chaque groupe, les ressorts des essieux sont réunis de chaque côté par des balanciers de suspension à bras égaux.

La chaudière timbrée à 15 atmosphères par centimètre carré, est munie de 164 tubes en laiton à ailettes, système Serve. La grille dont la surface est de 7^m²,980, présente une inclinaison de 24 %.

L'alimentation est assurée par deux injecteurs horizontaux « Restarting Gresham », de 12 ^m/_m, fixés contre la paroi arrière de la boîte à feu, et qui peuvent débiter chacun 190 litres par minute.

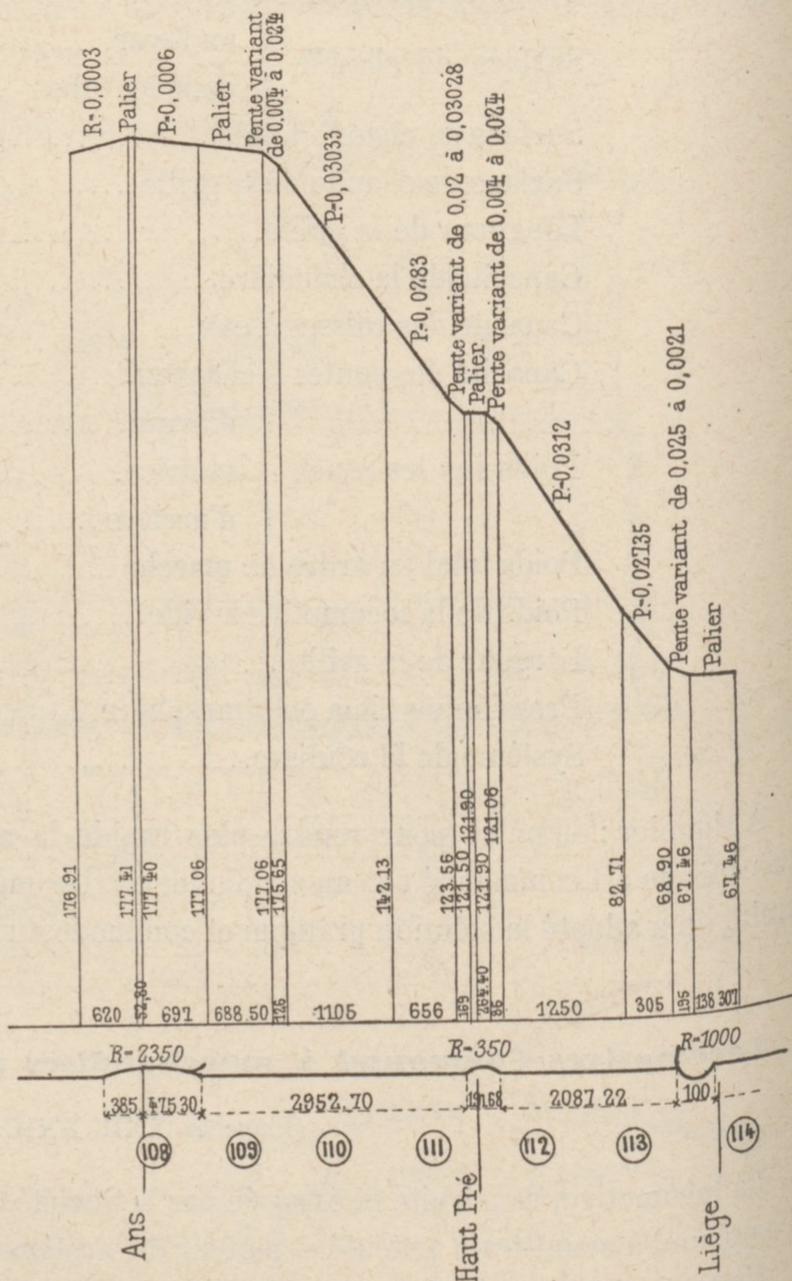
L'échappement variable, analogue à celui des machines express type 12, offre des sections maxima et minima de 0^m²,0346 et 0^m²,0188, correspondant à des ouvertures de 210 ^m/_m et 155 ^m/_m de diamètre.

Deux jeux de deux soupapes Wilson à charge directe sont placés au-dessus du foyer.

Mécanismes moteur et de distribution. — Les cylindres de haute pression ont un diamètre de 500 ^m/_m et une inclinaison de 3,85 %. Ceux de la basse pression ont un diamètre de 810 ^m/_m et une inclinaison de 7,1 %, par suite le rapport des volumes des deux groupes est de

$$\frac{0,3349}{0,1276} = 2,62.$$

Fig. 19. — PLAN INCLINÉ DE LIÈGE A ANS.



CONDITIONS PRINCIPALES D'ÉTABLISSEMENT DE LA LOCOMOTIVE COMPOUND ARTICULÉE POUR FORTES RAMPES.

SÉRIE N. D. DE L'ÉTAT BELGE.

CHAUDIÈRE.		CHASSIS ET ROUES.			
Grille	Longueur mesurée suivant l'inclinaison...	3 ^m ,00	Longueur totale de la machine, tampons compris.	15 ^m ,195	
	Largeur	2 ^m ,660	Écartement intérieur des longerons.....	1 ^m ,230	
	Surface.....	7 ^m ² ,980	Épaisseur des longerons.....	30 ^m /m	
	Inclinaison	24 %	Largeur extérieure du tablier..	{ à l'avant... 3 ^m ,050 { à l'arrière... 3 ^m ,050	
Foyer.....	Hauteur intérieure comptée { à l'avant.. 1 ^m ,306 jusqu'en dessous du cadre.. { à l'arrière. 0 ^m ,806		Diamètre des roues		1 ^m ,300
	Longueur intérieure ..	{ En haut 2 ^m ,960 { En bas 2 ^m ,967	Écartement des essieux ..	1 ^{er} au 2 ^e	1 ^m ,500
	Largeur intérieure au niveau de la grille..			2 ^m ,660	2 ^e au 3 ^e
	Épaisseur du	des parois latérales et plaques d'AR		16 ^m /m	3 ^e au pivot
de la plaque { aux tubes .. 32 ^m /m tubulaire { en bas..... 25 ^m /m					pivot au 4 ^e
	Boîte à feu..	Longueur extérieure.....		3 ^m ,182	4 ^e au 5 ^e
Largeur extérieure....		{ en haut..... 1 ^m ,692 { en bas..... 2 ^m ,860			5 ^e au 6 ^e
Corps cylindrique.	Diamètre intérieur.....		1 ^m ,500	1 ^{er} au 6 ^e	9 ^m ,350
	Longueur.....	4 ^m ,050	Distance du taquet au pivot.....	3 ^m ,475	
	Épaisseur des tôles.....	19 ^m /m	Jeu de chaque côté	275 ^m /m	
	Nature du métal des tôles.....	fer homogène.	Écartement intérieur des bandages.....	1 ^m ,359	
Tubes (Serve).	Nature du métal.....	laiton.	MÉCANISME.		
	Nombre	164	Nombre des cylindres..... 4	H. P. B. P.	
	Diamètre extérieur.....	70 ^m /m	Cylindres.	Diamètre.....	500 ^m /m 810 ^m /m
	Épaisseur.....	2 ^m /m,5		Section.....	0 ^m ² ,196350 0 ^m ² ,5153
	Nombre d'ailettes de chaque tube	8		Volume.....	0 ^m ³ ,128 0 ^m ³ ,335
	Hauteur des ailettes.....	13 ^m /m		Écartem ^t d'axe en axe..	2 ^m ,030 2 ^m ,030
Épaisseur moyenne des ailettes.....	2 ^m /m,875	Course des pistons....		650 ^m /m 650 ^m /m	
Longueur entre les plaques tubulaires....	4 ^m ,050	Inclinaison.....		3,85 % 7,1 %	
Surface de chauffe..	Foyer, comptée au-dessus du cadre.....	14 ^m ² ,825	Longueur des bielles motrices.....	2 ^m ,900	
	Tubes, développement { avec les gaz... 273 ^m ² ,716 intérieur en contact.. { avec l'eau..... 146 ^m ²		Rayon des manivelles.....	0 ^m ,325	
		Totale en contact..... { avec les gaz... 288 ^m ² ,541 avec l'eau..... 160 ^m ² ,825		Longueur des barres d'excentriques .	2 ^m ,585 2 ^m ,608
	Timbre de la chaudière en atmosphères.....		15 atm.	Angle d'oscillation de la coulisse ...	20°
Boîte à fumée.	Longueur intérieure.....	2 ^m ,00	Tiroirs cylindriques	Diamètre.....	180 ^m /m 300 ^m /m
	Diamètre intérieur.....	1 ^m ,539		Largeur.....	72 ^m /m 127 ^m /m
Cheminée..	Diamètre intérieur....	{ en bas..... 900 ^m /m { en haut..... 650 ^m /m	Course maxima.....	156 ^m /m 224 ^m /m	
			Recouvrement { avant.. 40 ^m /m 65 ^m /m extérieure { arrière. 8 ^m /m 10 ^m /m		
	Hauteur du dessus de la boîte à fumée au dessus de la cheminée	1,120	Introduction moyenne maxima sur les deux faces du piston	0,3 0,45 de la course.	
Hauteur du dessus du rail au dessus de la cheminée.....	4,400	Largeur des lumières	40 ^m /m 52 ^m /m		
Du dessus du rail à l'axe de la chaudière ..	2 ^m ,500	Section des lumières d'admission ...	0 ^m ² ,0162 0 ^m ² ,0384		
Du dessus du rail au dessous du cadre du foyer à l'avant.	1 ^m ,500	Section des lumières d'échappement.	0 ^m ² ,0162 0 ^m ² ,0384		
Capacité de la chaudière..	Eau 10cm au-dessus du ciel du foyer.....	5 ^m ³ ,557	Section des tuyaux d'admission....	0 ^m ² ,0133 0 ^m ² ,0254	
	Vapeur.....	1 ^m ³ ,620	Section des tuyaux d'échappement ..	0 ^m ² ,0283 0 ^m ² ,0385	
	Totale	7 ^m ³ ,177	Effort de traction (coefficient de 0,65).	13.500 kgs.	
Sections de passage d'air.	A travers la grille	2 ^m ² ,6091	Poids de la machine. { vide..... 81.000 kgs. en charge .. 99.000 kgs.		
	A travers { aux viroles de boîte à feu... 0 ^m ² ,3897 les tubes.. { au milieu	0 ^m ² ,3406	Répartition du poids par essieu, en charge.	1 ^{er} essieu.....	16 ^t ,500
		0 ^m ² ,331831		2 ^e essieu.....	16 ^t ,500
	3 ^e essieu.....	16 ^t ,500			
	4 ^e essieu.....	16 ^t ,500			
	5 ^e essieu.....	16 ^t ,500			
	6 ^e essieu.....	16 ^t ,500			
	Poids adhérent total.....	99 tonnes.			

Dans chaque cylindre, les guides des tiges de tiroirs sont venus de fonte avec les plateaux arrière. Des soupapes placées à la partie inférieure des plateaux des cylindres B.P. se soulèvent pour la rentrée de l'air, pendant la marche à régulateur fermé. Enfin une prise de vapeur, placée à portée du mécanicien permet de purger à volonté soit les cylindres à haute pression, soit les cylindres à basse pression.

Le réservoir intermédiaire de la vapeur se compose d'une part d'un *receiver* ou réservoir proprement dit, placé à l'avant à proximité des grands cylindres et d'autre part des tuyaux d'échappement des petits cylindres. Son volume total est de $0^{\text{m}^3},4399$ soit $0^{\text{m}^3},2613$ pour le *receiver* et $0^{\text{m}^3},1786$ pour la conduite.

Près de l'articulation le tuyau d'échappement des petits cylindres est rendu simplement flexible, dispositif suffisant, puisque grâce au système Compound, ce tuyau ne donne passage qu'à de la vapeur à pression réduite, 4 à 5 kilog. par centimètre carré. C'est le seul tuyautage articulé, avec le tuyau d'échappement des grands cylindres qui, sous la boîte à fumée, porte un coude vertical tournant dans un presse-garniture.

Le démarrage n'a pas été prévu par l'action directe et indépendante de chaque paire de cylindres : mais une prise de vapeur spéciale permet d'envoyer de la vapeur vive de la chaudière au réservoir intermédiaire.

La machine doit aussi pouvoir fonctionner en contre-vapeur à la descente de Ans à Liège. En conséquence, elle a été munie de deux prises de vapeur pour envoyer un mélange d'eau et de vapeur d'une part dans le *receiver* et d'autre part dans la partie des boîtes à vapeur des grands cylindres, en communication avec l'échappement.

En ce qui concerne les détails d'exécution des pièces du mécanisme moteur, les pistons sont en acier coulé, et les bielles motrices, en fer fin grain, sont à cage fermée.

Les mécanismes de distribution, par coulisse droite, sont du système Walschaert modifié (Pl. XXIV). La coulisse qui est suspendue à l'arbre de relevage par sa partie supérieure, se déplace le long du coulisseau. Celui-ci est fixe et la bielle qui le relie au levier d'avance est guidée d'une façon invariable en ligne droite. Cette modification qui a l'avantage de diminuer le poids des pièces suspendues, n'est applicable qu'avec une longue barre de distribution : il faut en effet que l'extrémité fixée à la coulisse décrive un arc de cercle très voisin de la ligne droite : sans cette condition, ce dispositif serait moins avantageux que la distribution Walschaert. Enfin comme particularité, les tiroirs sont formés par des pistons de distribution, en acier.

L'appareil de changement de marche permet au mécanicien de manœuvrer les deux groupes de cylindres, soit simultanément à la vapeur, soit successivement à la main, mais seulement dans une certaine limite (Pl. XXIV).

Ce résultat est obtenu de la manière suivante. Il y a deux changements de marche à vis placés l'un au-dessus de l'autre : le plus bas commandant les mécanismes de distribution de haute pression. Les deux leviers *l* et *L* reliés aux écrous, oscillent séparément autour du même axe *o*, ainsi que le support de la vis des mécanismes de haute pression qui forme un cadre, à l'intérieur duquel se replace le levier *L*.

Lorsqu'après avoir rendu fou l'écrou sur la vis *D*, on pousse la tringle de manœuvre du distributeur vers l'avant ou vers l'arrière, le levier *L*, en se déplaçant vient butter contre l'une des deux traverses *A* ou *B*, et entraîne dans son mouvement, le levier *l*, on peut ensuite faire varier à la main successivement les admissions, mais seulement dans la limite où la barre *L* ne rencontre pas les arrêts *A* ou *B*.

Sur cette machine, le graissage des tiroirs et des pistons est assuré par deux graisseurs continus, du système Nathan, pour les cylindres haute pression, et du système Roscoe, pour ceux de la basse pression.

La locomotive série N D, est munie en outre d'un sablière double Gresham pour la marche avant et pour la marche arrière. Elle possède les appareils du frein Westinghouse à action rapide. Le freinage s'opère par quatre sabots pour chaque groupe d'essieux, actionnés par des cylindres verticaux.

Enfin les caisses à eau sont disposées latéralement à la chaudière et la soute à charbon est à l'arrière de la machine.

RÉSUMÉ.

En résumé, les locomotives des chemins de fer de l'Etat-Belge présentent quelques caractères spéciaux.

Les longerons T sont bien découpés, et l'axe du corps cylindrique de la chaudière étant assez surélevé, il en résulte que les mécanismes sont bien accessibles et bien visibles.

Les foyers en cuivre rouge, du système Belpain, à grande surface de grille et à barreaux étroits et serrés, s'étendent au-dessus du dernier essieu. Ces foyers longs et plats sont faits pour brûler exclusivement des fines maigres ou demi-grasses.

Ce système qui, à son apparition en Belgique, permit d'assurer les services de traction, aussi économiquement que possible par suite de l'abondance et de la non-valeur de ces combustibles, paraît avoir perdu aujourd'hui un peu de son importance. Leur prix en effet a notablement augmenté, avec l'application dans les usines des différents procédés pour brûler les charbons menus : la tonne qui coûtait autrefois de 3 à 4 fr. vaut aujourd'hui 7 à 8 fr. et sans augmentation du prix de revient des transports, il serait donc possible de brûler, dans un certain nombre de locomotives belges, des combustibles de meilleure qualité.

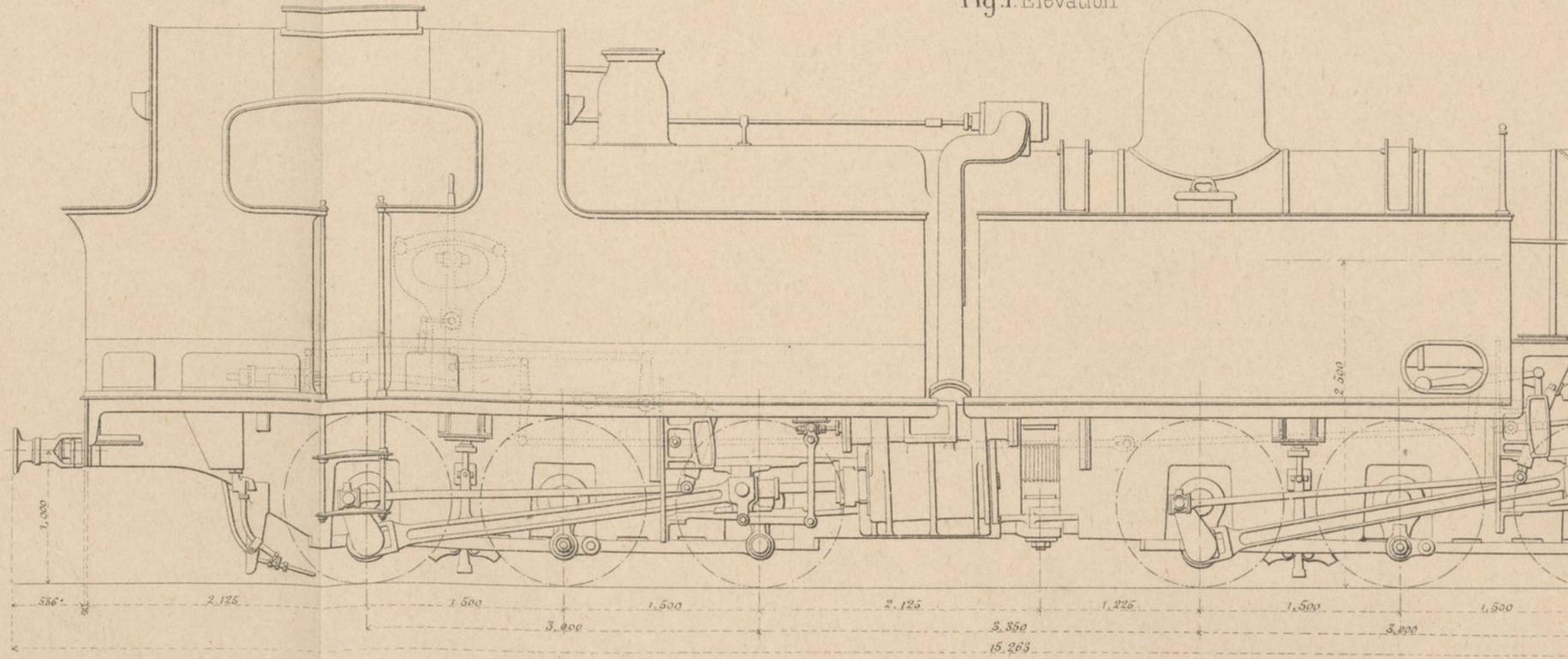
Enfin il y a lieu d'ajouter que la suspension est étudiée pour obtenir à l'état statique une égale répartition des charges sur les essieux : de là l'emploi constant des balanciers longitudinaux pour les ressorts des roues accouplées et des balanciers transversaux pour les roues extrêmes.

Nous devons, en terminant, adresser nos respectueux remerciements à M. Blanquaert, Ingénieur en chef, Directeur de la traction et du matériel des chemins de fer de l'Etat-Belge, qui a bien voulu nous communiquer un grand nombre de documents précieux, pour la rédaction de la présente notice.

LOCOMOTIVE COMPOUND A MARCHANDISES POUR FORTES RAMPES

Échelle 1/50

Fig.1. Elevation



LOCOMOTIVE A VOYAGEURS A 6 ROUES ACCOUPLEES DE 1,700. — EXPRESS POUR FORTES RAMPES

Échelle 1/50

Fig.4. Elevation

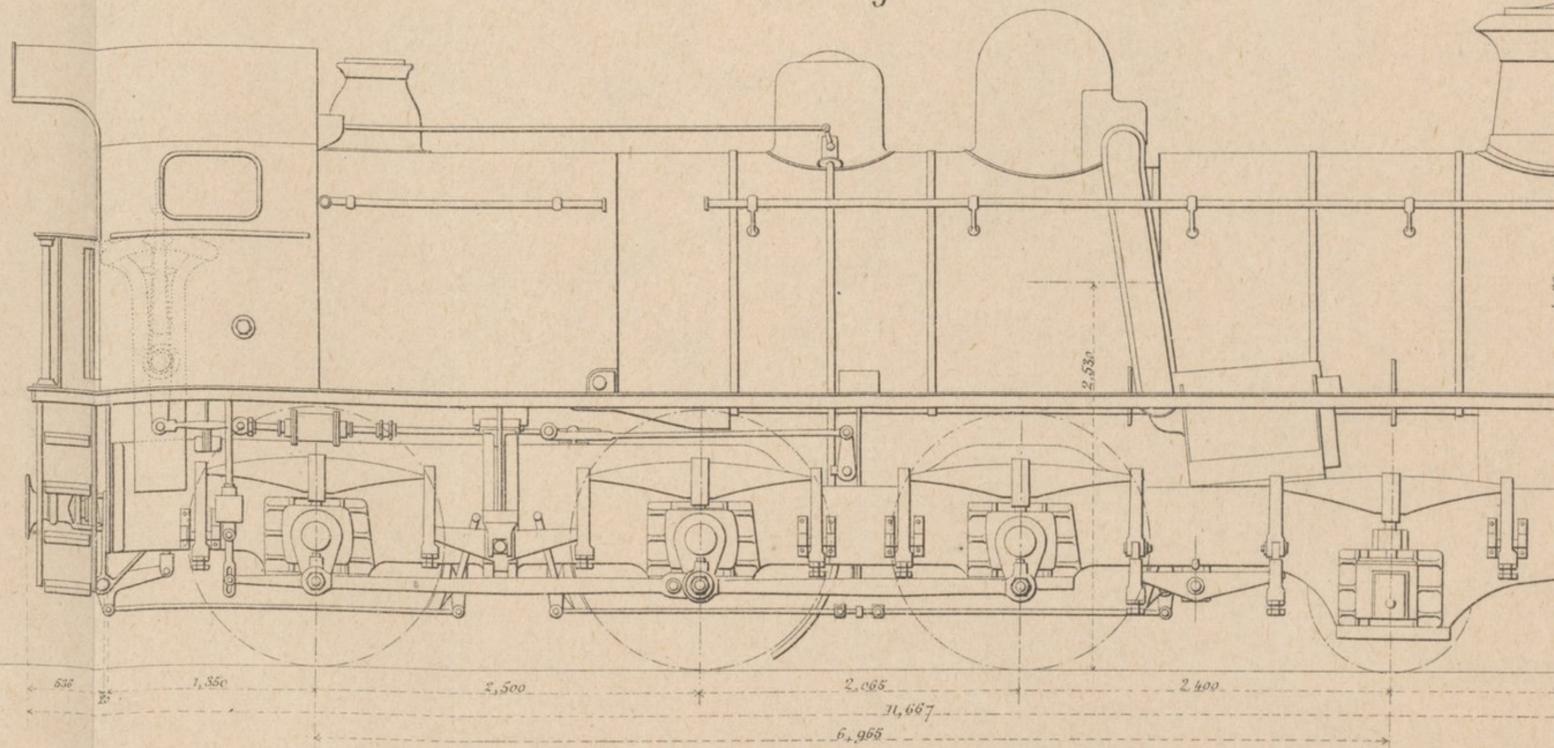


Fig.2. Vue d'arrière

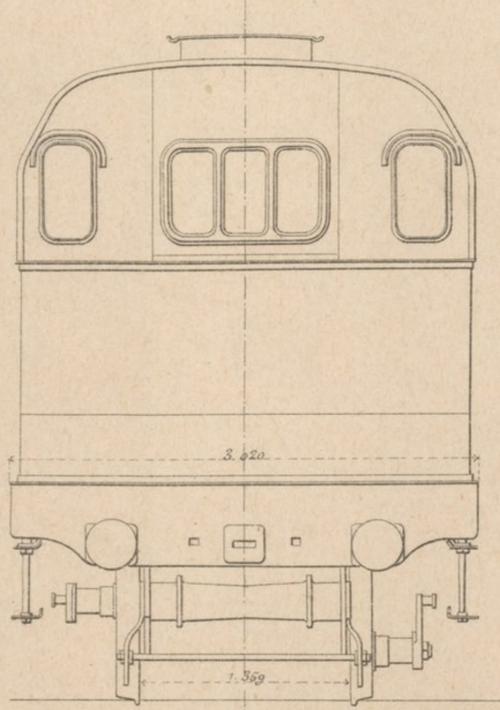
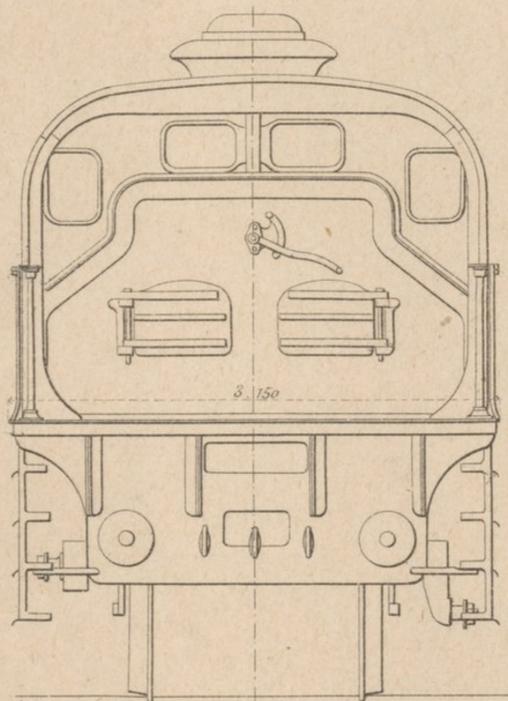
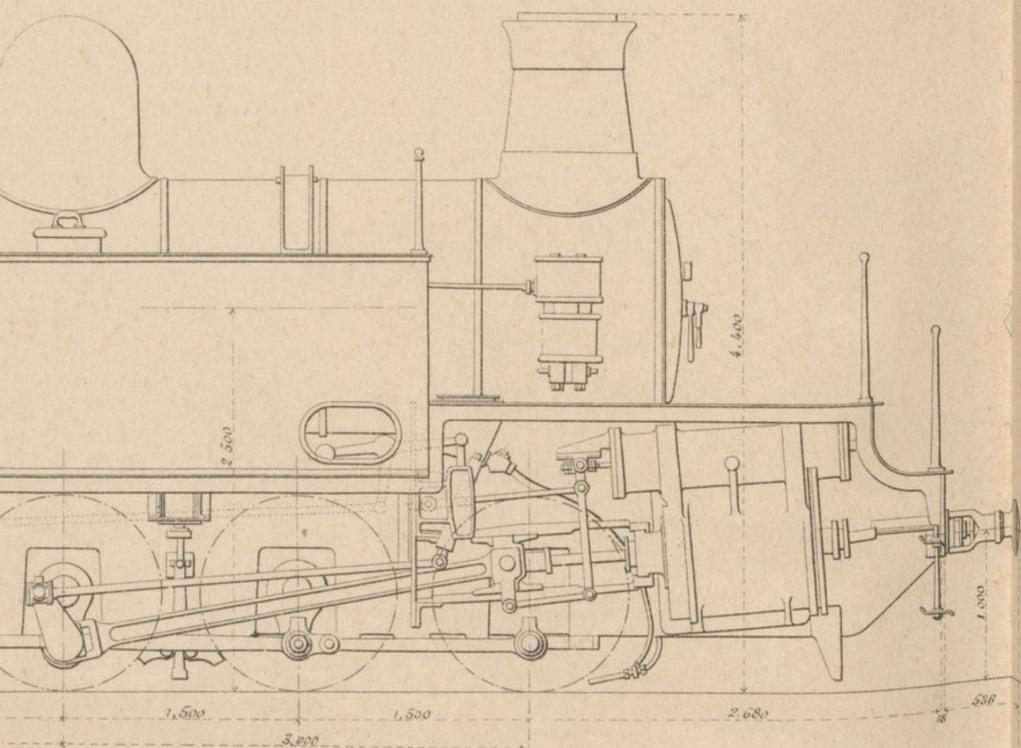


Fig.5. Vue d'arrière



S POUR FORTES RAMPES



— EXPRESS POUR FORTES RAMPES. — TYPE 16.

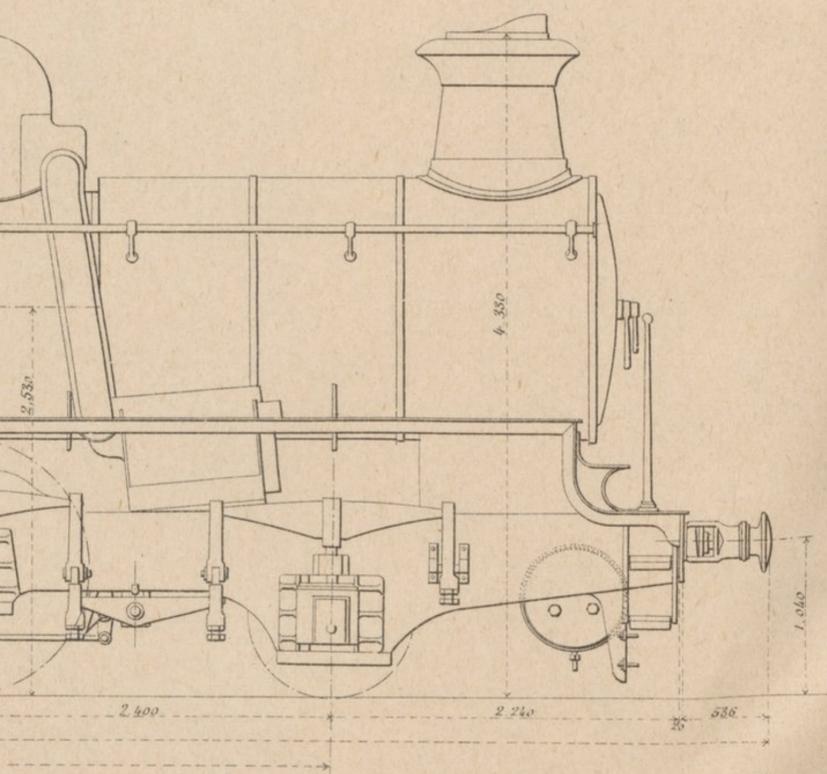
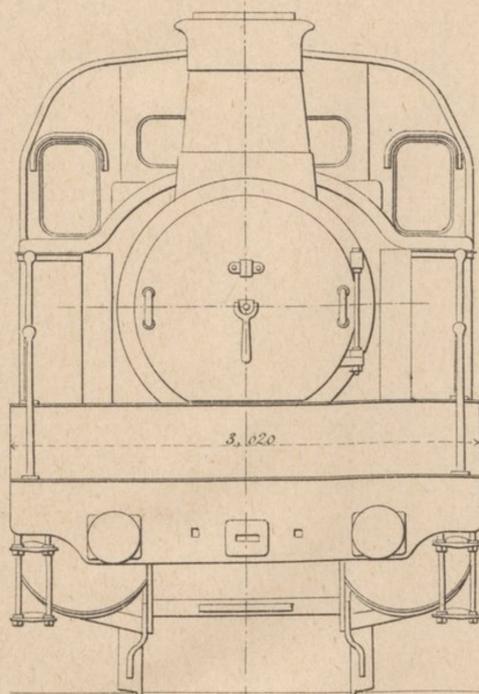


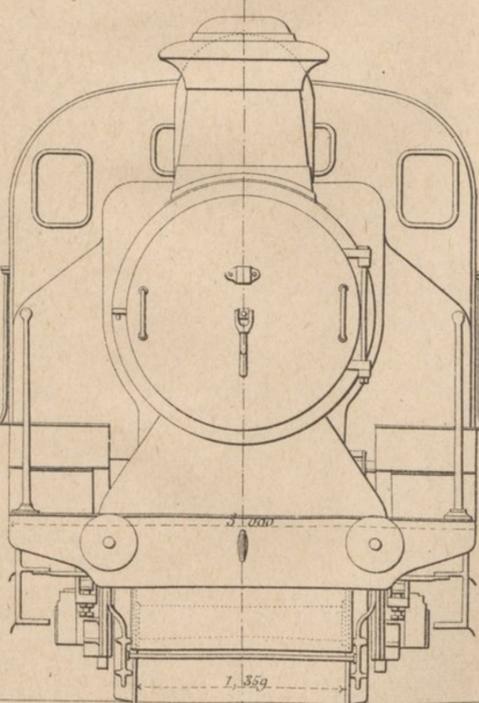
Fig. 3. Vue d'avant



Légende

Diamètre des cylindres	(à haute pression ... 0,500 à basse pression ... 0,810)	Largeur de la grille	2,610	
Course des pistons	0,650	Capacité des caisses à eau	M ³ - 9,000	
Diamètre de la chaudière	1,500	Capacité des soutes à charbon	M ³ - 3,600	
Nombre des tubes	164	1 ^{ère} paire de roues	16,500	
Longueur des tubes	4,050	2 ^{me} d°	16,500	
Diamètre extérieur des tubes	0,020	3 ^{me} d°	16,500	
Surface de chauffe	du foyer	M ² - 15,00	4 ^{me} d°	16,500
	dans les tubes	M ² - 260,00	5 ^{me} d°	16,500
	totale	M ² - 275,00	6 ^{me} d°	16,500
Surface de la grille	7,874	Poids total en ordre de marche	99 000	
Longueur de la grille	3,017	Poids de la locomotive à vide	81 000	
		Pression maxima en atmosphères	15	
		Système de la coulisse	Walschaerts	

Fig. 6. Vue d'avant



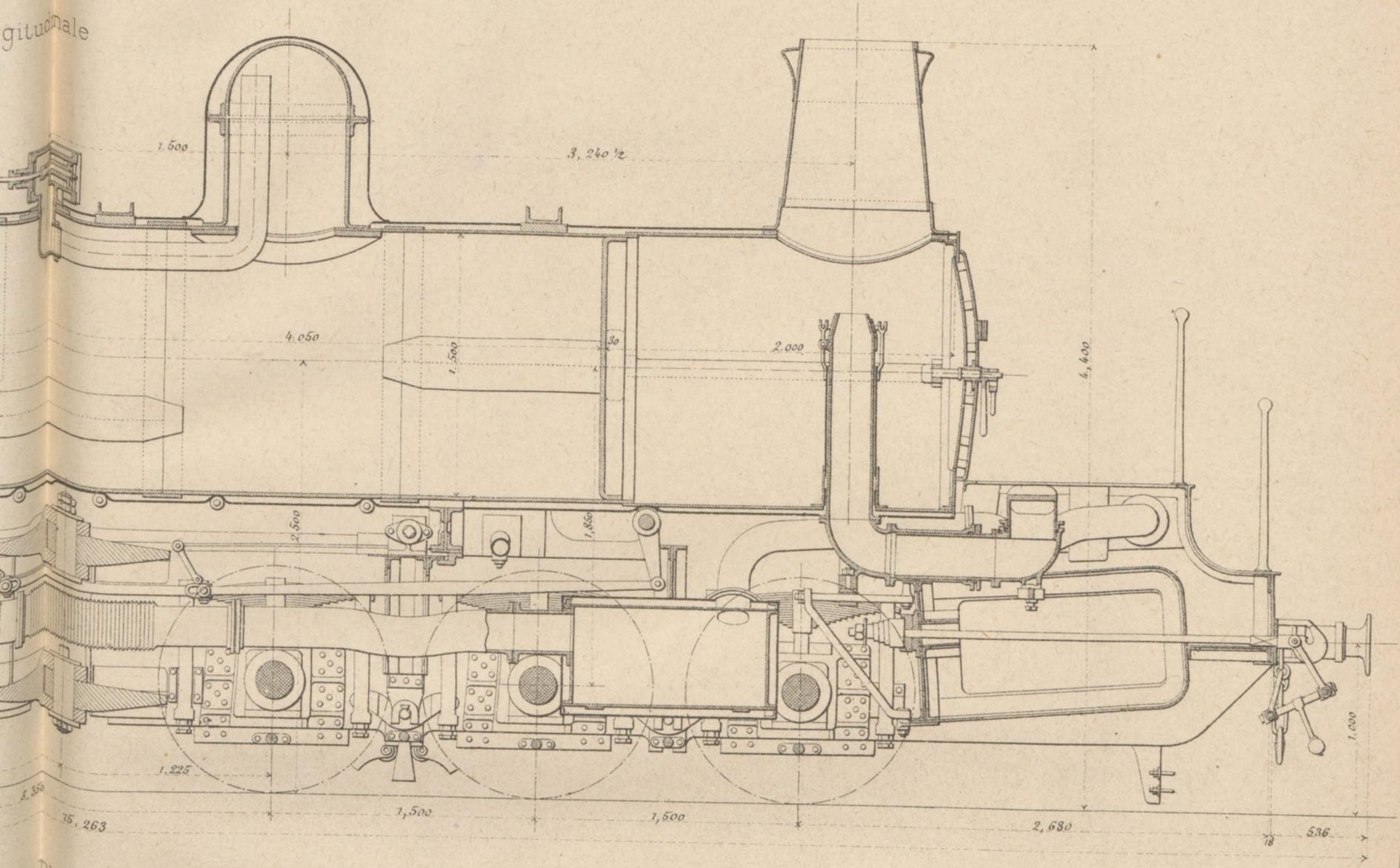
Légende

Diamètre des cylindres	530	Largeur de la grille	2,660	
Course des pistons	650	Surface de la grille	M ² - 6,86	
Diamètre de la chaudière	1,500	1 ^{ère} paire de roues	12,000	
Longueur des tubes	4,050	2 ^{me} d°	16,600	
Nombre des tubes	164	3 ^{me} d°	16,900	
Diamètre extérieur des tubes	70	4 ^{me} d°	16,550	
Surface de chauffe	du foyer	M ² - 13,58	Poids total en ordre de marche	62 050
	dans les tubes	M ² - 146,06	Poids de la locomotive à vide	56 450
	totale	M ² - 159,64	Timbre de la chaudière	Atm ^{res} - 12
Longueur de la grille	3,000	Capacité de la chaudière	M ³ - 7,856	

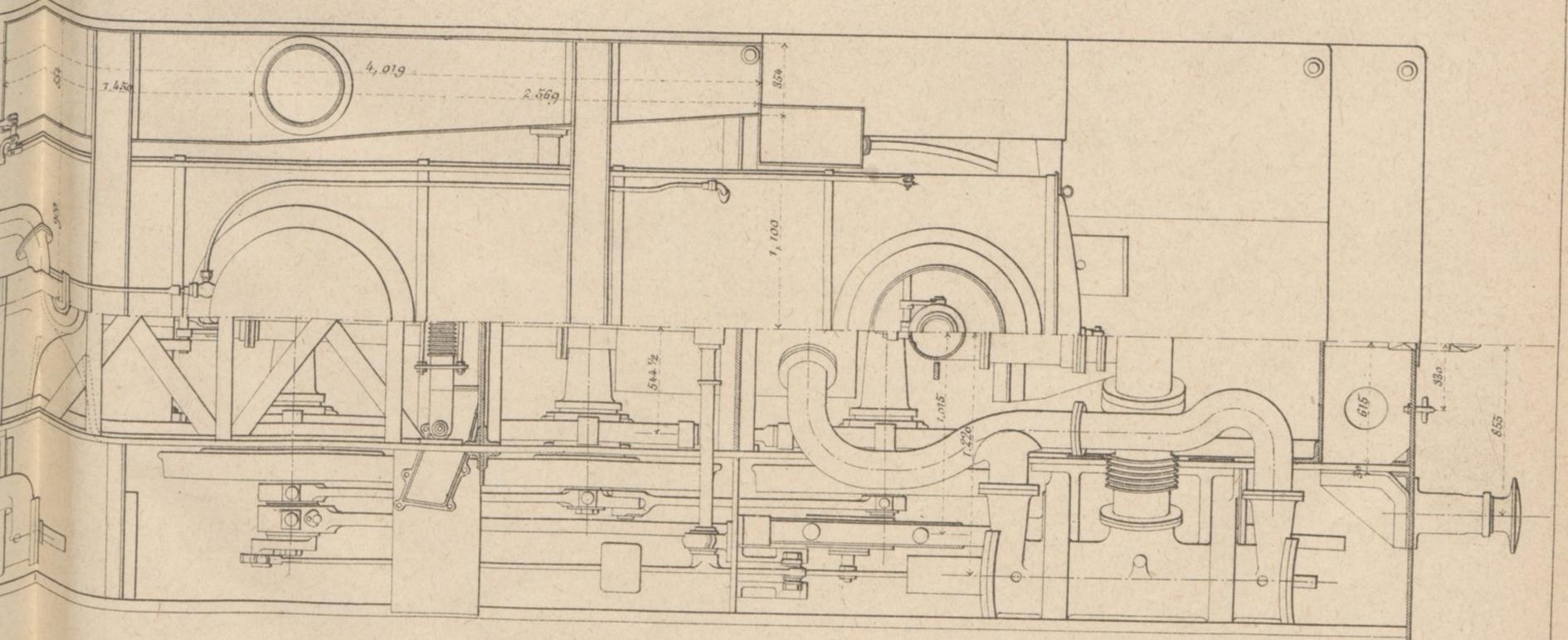
MARCHANDISES POUR FORTES RAMPES

Échelle 1/40

Longitudinale



J. 2. Plans



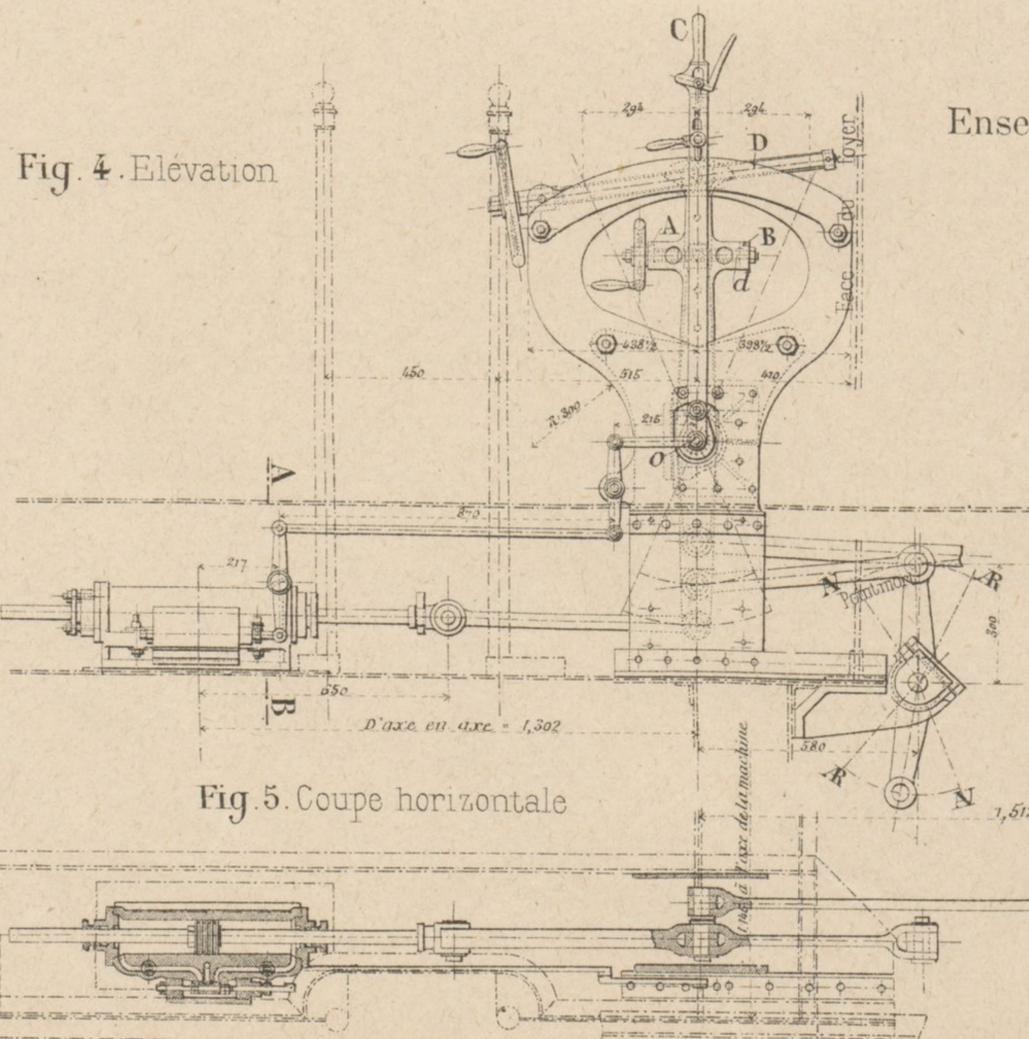
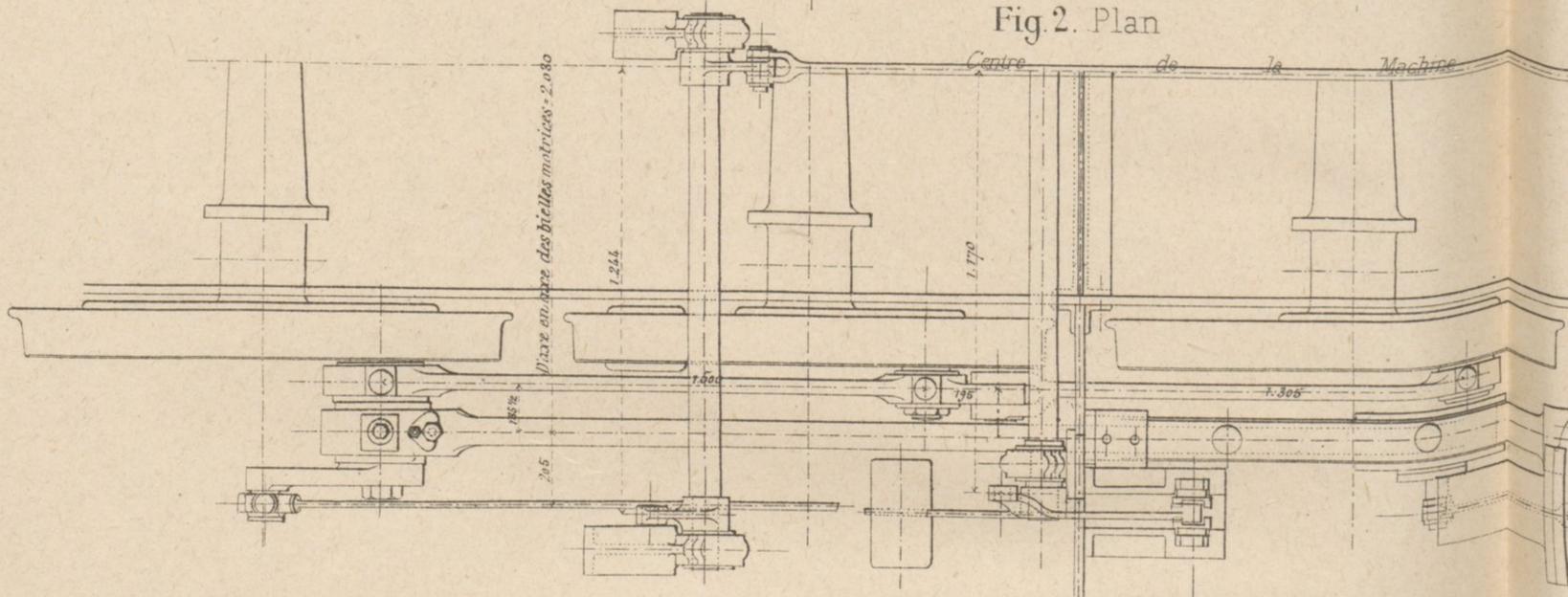
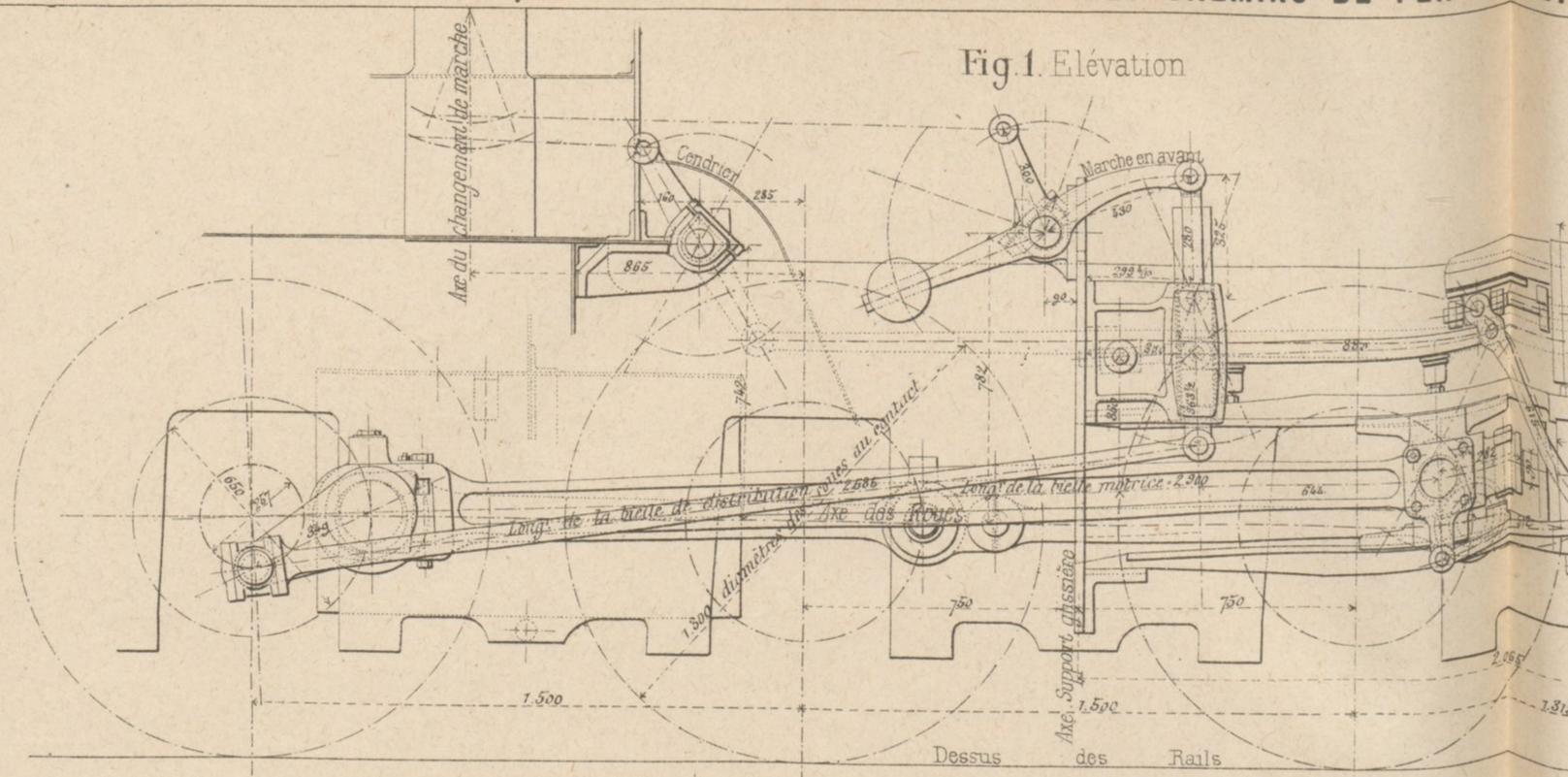


Fig. 4 à 7.
Ensemble du changement de marche
Echelle 1/25

Fig. 6.
Coupe transvers

Fig. 7. Coupe AB

