

NOUVELLES LOCOMOTIVES COMPOUND

à marchandises, à 4 cylindres et à 2 bogies moteurs

DE LA COMPAGNIE DU CHEMIN DE FER DU NORD

Par M. Du BOUSQUET,

Ingénieur en Chef du Matériel et de la Traction.

(Pl. I à IV.)

Considérations générales et description de la machine.

Le transport de la houille et du coke des houillères du Pas-de-Calais et du Nord, sur Paris et Laon s'effectue par des trains rapides composés à 950 tonnes et remorqués par des machines Compound à quatre cylindres et à 6 roues couplées de 1^m 75 de diamètre.

Un troisième courant, dont l'importance va toujours en grandissant, emprunte les lignes de Valenciennes à Hirson, par Avesnes, et de Busigny à Hirson, comportant de longues rampes de 10 et 11^m/_m 5 sur lesquelles les locomotives Compound à 4 cylindres et à 6 roues couplées ne prennent que 600 tonnes entre Valenciennes et Hirson par Avesnes, et 490 tonnes entre Busigny et Hirson.

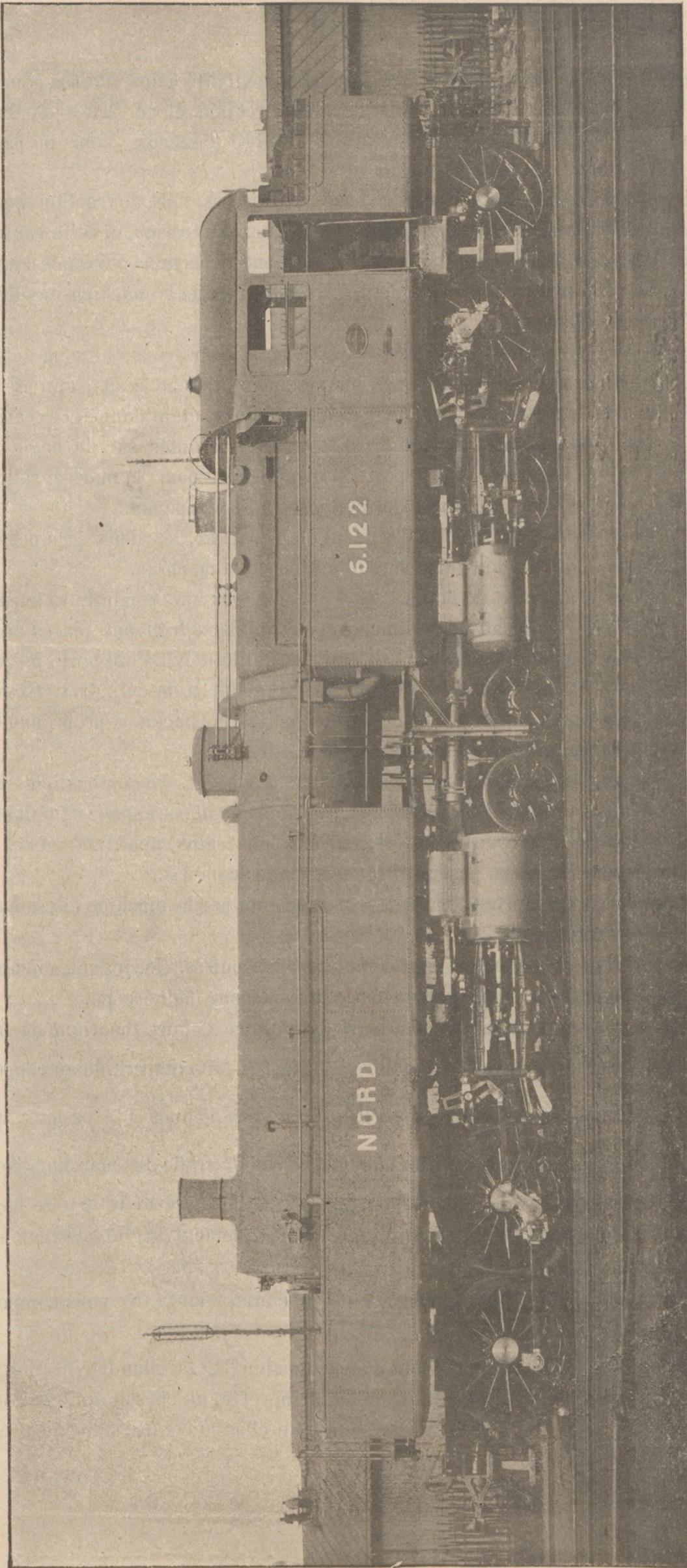
La Compagnie s'est donc posée le problème de construire une nouvelle machine ne pesant sensiblement pas plus que la machine actuelle (tender compris) et pouvant remorquer 950 tonnes sur les lignes dont il s'agit.

Il importe, au point de vue de la bonne utilisation du personnel, que la machine puisse faire en tête du même train le trajet de Lens à Hirson viâ Busigny ou viâ Valenciennes (Voir les profils en long, Pl. I).

Sur le parcours facile de Lens à Valenciennes ou Busigny, la machine utilise sa puissance en vitesse. Elle remorque, en effet, le train à une allure de 50 à 60 kilomètres à l'heure, alors que sur la portion du trajet en forte rampe, Valenciennes ou Busigny à Hirson, cette puissance est utilisée en effort de traction important, à une allure réduite de 18 à 20 kilomètres à l'heure.

Ces conditions imposaient un diamètre de roues relativement grand et voisin de 1^m,500, un

Fig. 1. — LOCOMOTIVE COMPOUND A MARCHANDISES DE LA COMPAGNIE DU CHEMIN DE FER DU NORD.



fonctionnement économique à toute allure, une bonne stabilité à des vitesses pouvant atteindre jusqu'à 75 et 80 kilomètres à l'heure, un effort de traction élevé. Elles conduisent à une machine puissante devant reposer sur un grand nombre d'essieux, pour ne pas fatiguer la voie.

Les études préliminaires ont indiqué que, pour atteindre l'effort de traction que demande la remorque du train en question, et ne dépasser ni la charge par essieu, ni celle par mètre courant de machine, imposées par les conditions d'établissement de certains ouvrages d'art du réseau, il fallait adopter six essieux moteurs et donner à l'ensemble de la machine une longueur entre tampons d'environ 16 mètres.

Il ne pouvait être question de placer ces six essieux moteurs sous un même châssis ; il fut donc décidé de les diviser en deux groupes complètement indépendants, afin de laisser à la machine la plus grande souplesse possible. Le compoundage, étant donnée l'expérience acquise de ce système, était de rigueur. Les cylindres B.P. furent montés sur le bogie avant et les cylindres H. P. sur le bogie arrière, disposition avantageuse pour la marche rationnelle de la vapeur, de la chaudière aux cylindres, des cylindres à l'échappement.

Pour éviter le plus possible le refroidissement de la vapeur, les deux groupes de cylindres ont été placés en regard l'un de l'autre vers le milieu de la machine.

La vapeur passe directement de l'un à l'autre groupe par une conduite extensible à rotule. Comme ces cylindres sont de grandes dimensions et qu'ils se trouvent placés aux extrémités de chacun des châssis des bogies moteurs, il était très utile d'éviter un porte à faux, aussi, un essieu porteur fut-il placé à l'arrière de chacun des groupes de cylindres. Cette adjonction contribue d'ailleurs à la stabilité des bogies qui constituent chacun, à proprement parler, par l'importance de leur ensemble, un châssis de locomotive.

La machine porte ses approvisionnements, 12^m3,8 d'eau, 5 t. de combustible. En ordre de marche avec ses approvisionnements complets, son poids ne dépasse pas 102 tonnes, tandis que les machines Compound à 6 roues couplées, qui font nos trains rapides de même tonnage sur les lignes à faibles inclinaisons, pèsent 97 tonnes, tender compris.

Il est rationnel de faire porter les approvisionnements par la machine elle-même, car leur poids contribue à l'adhérence.

Jamais les approvisionnements ne sont complètement épuisés. Cependant, même dans ce cas limite, il reste 72 tonnes environ comme charge utilisée pour l'adhérence.

Or, en prenant, à titre de comparaison, le rapport entre l'effort théorique de traction de la machine et ces 72 tonnes, on trouve un chiffre $\frac{1}{3.87}$ tout à fait comparable au rapport similaire que donnent notamment les machines Engerth $\frac{1}{3.96}$ et les machines à 4 essieux couplés et à simple expansion $\frac{1}{3.58}$ qui assurent la majeure partie du trafic des marchandises de la C^{ie}. Les approvisionnements d'eau et de charbon ont été d'ailleurs répartis de telle façon que quel que soit leur état d'épuisement, la répartition se fait également sur les essieux moteurs des 2 bogies.

Si nous revenons à la disposition générale de la machine, nous la trouvons composée de trois parties principales :

1^o. — Les 2 bogies moteurs dont il vient d'être question ; 2^o la chaudière et les parties attenantes : cabine, petites soutes à eau, soute à combustible et 3^o, un châssis qui, sur cette machine, présente une disposition toute particulière. C'est un châssis central formé par une poutre-

caisson en tôle et cornières et placée suivant l'axe longitudinal de la machine. Cette poutre règne de bout en bout. Elle porte la chaudière, les parties attenantes, et repose sur les bogies en les reliant. Elle s'évase à ses deux extrémités et porte les traverses et l'attelage.

Les croquis (Fig. 2) montrent séparément la chaudière posée sur la poutre et les 2 bogies. La poutre porte à la partie \mathcal{R} , à la hauteur de la cabine du mécanicien, deux traverses A et B et un pivot plan D. Ce pivot plan repose sur la partie femelle portée par le caisson central du bogie. En outre, les 2 traverses A et B, reposent par l'intermédiaire de glissières sur 4 supports fixés aux longerons du bogie et indiqués sur le plan par la lettre G.

Le déplacement angulaire du bogie se fait autour du pivot.

La poutre centrale et la partie haute de la machine (chaudière et parties attenantes) sont donc, par ce système, liées à la stabilité transversale du bogie \mathcal{R} et les plans de ces deux parties de la machine restent toujours parallèles entre eux.

Le bogie \mathcal{N} doit être libre de se dégauchir complètement par rapport à celui \mathcal{R} ; c'est une condition extrêmement importante pour une machine aussi longue, car la voie forme une surface gauche à l'entrée et à la sortie des courbes. Pour assurer cette condition, la poutre ne repose sur le châssis du bogie \mathcal{N} qu'en un seul point constitué par le pivot sphérique C; celui-ci pénètre dans une crapaudine de même forme venue sur la traverse du bogie \mathcal{N} . Le bogie \mathcal{N} peut donc prendre toutes les positions par rapport à la partie supérieure de la machine et à son bogie \mathcal{R} . Cependant, pour amortir et limiter les oscillations transversales de la partie haute de la machine, deux tampons élastiques T (Pl. III, Fig. 1) terminés par des galets, ménageant toute liberté aux déplacements angulaires horizontaux, ont été placés de part et d'autre de la poutre, au droit du pivot sphérique.

Pour laisser au bogie \mathcal{N} une masse suffisante, et décharger d'autant la partie haute de la machine, la majeure partie (9 mètres cubes) des 12,8 mètres cubes d'approvisionnement d'eau total, a été emmagasinée dans deux grandes caisses latérales, portées directement par le bogie \mathcal{N} .

Les 3,8 m³ restants sont répartis entre les deux petites caisses, disposées de part et d'autre de la boîte à feu, et reposant sur la poutre centrale. Les grandes caisses du bogie \mathcal{N} sont largement évasées pour permettre à la chaudière de se mouvoir entre elles.

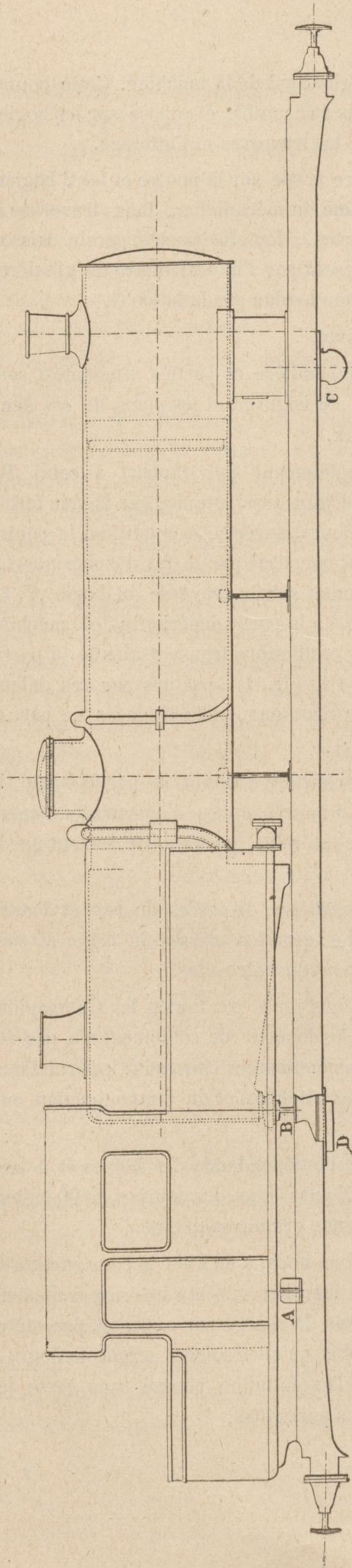
L'exemple des grandes voitures à bogies employées de nos jours par toutes les Compagnies et qui n'ont plus à faire leurs preuves de stabilité et de douceur de roulement n'a pas été étranger à la conception de quelques-unes des dispositions énumérées ci-dessus : indépendance des deux bogies l'un par rapport à l'autre, application des attelages et du tamponnement aux extrémités de la poutre centrale.

Grâce à ses boîtes porteuses à déplacement latéral, à l'indépendance des bogies et à leur empatement normal, la machine s'inscrit sans aucune difficulté dans des courbes de 90 mètres de rayon. Cette disposition générale donne à la machine une grande souplesse.

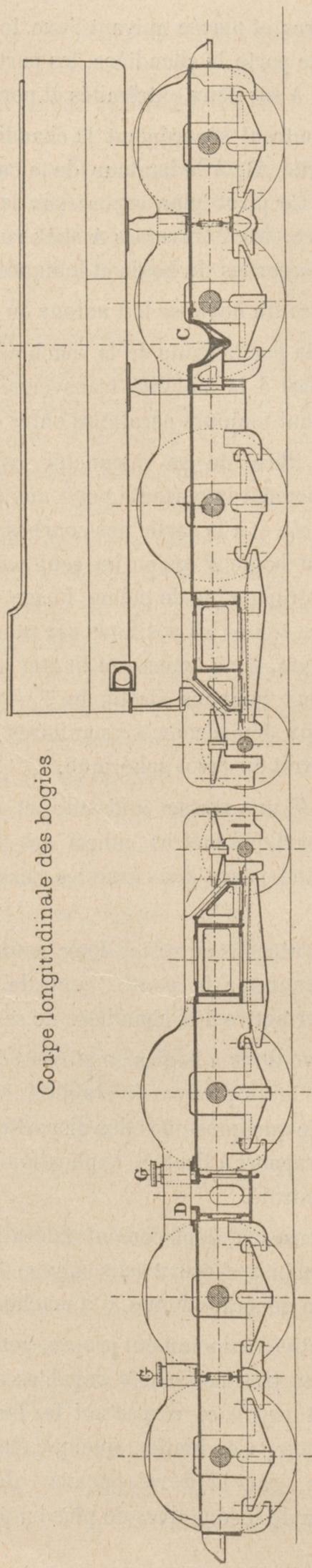
Elle constitue une tentative éminemment propre, pensons-nous, à faciliter la construction de locomotives à marchandises très puissantes capables de marcher vite et s'inscrire facilement dans les courbes de petit rayon et respectant les limites de charge par essieu et par mètre courant imposées par la voie. Ces limites, quelque élevées qu'elles soient, seront toujours à prendre en considération, car le développement de l'exploitation pousse sans cesse les constructeurs à la création de locomotives de plus en plus puissantes.

Fig. 2.

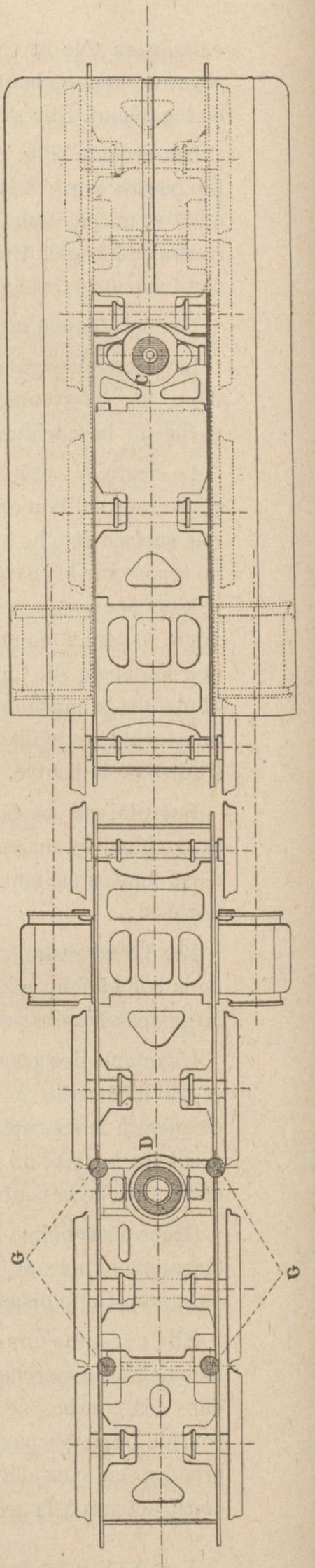
Superstructure (Élévation)



Coupe longitudinale des bogies



Plan des bogies



Conditions d'établissement.

Timbre de la chaudière.....	kgs.	16
Capacité totale de la chaudière.....	m ³ .	8.020
Volume d'eau avec 0 ^m ,10 au dessus du ciel.....	m ³ .	5.400
Volume de vapeur.....	m ³ .	2.620
Surface de grille.....	m ² .	3
Surface de chauffe du foyer.....	m ² .	11,99
Surface de chauffe des tubes.....	m ² .	232,56
Surface de chauffe totale.....	m ² .	244,55
Nombre de tubes.....		130
Nature des tubes.....		à ailerons.
Diamètre extérieur.....	m/m	70
Longueur entre plaques tubulaires.....	m.	4.750
Diamètre intérieur moyen du corps cylindrique.....	m.	1,456
Diamètre des cylindres H. P.....	m.	0,400
id. B. P.....	m.	0,630
Course des pistons.....	m.	0,680
Nombre d'essieux accouplés.....		6. — 3 à 3
Nombre d'essieux indépendants.....		2
Diamètre des roues motrices.....	m.	1,455
id. porteuses.....	m.	0,850
Poids de la locomotive vide.....	T.	78
Poids de la locomotive en charge.....	T.	102
Poids adhérent : Approvisionnements épuisés.....	T.	72
Effort maximum théorique de traction :		
En compound.....	kgs.	18.607
Avec admission directe.....	kgs.	24.064
Capacité des caisses à eau.....	m ³	12,8
Combustible.....	T.	5

Bogies-moteurs et Mouvement.

Châssis. — Les châssis des bogies *A* et *R*, sont entièrement semblables. Ils sont formés par deux longerons en tôle d'acier doux de 24^m/_m d'épaisseur solidement entretoisés par des caissons en acier moulé et par des tôles horizontales régnant d'un bout à l'autre des châssis. L'acier moulé a été exclusivement employé pour les entretoises et les supports.

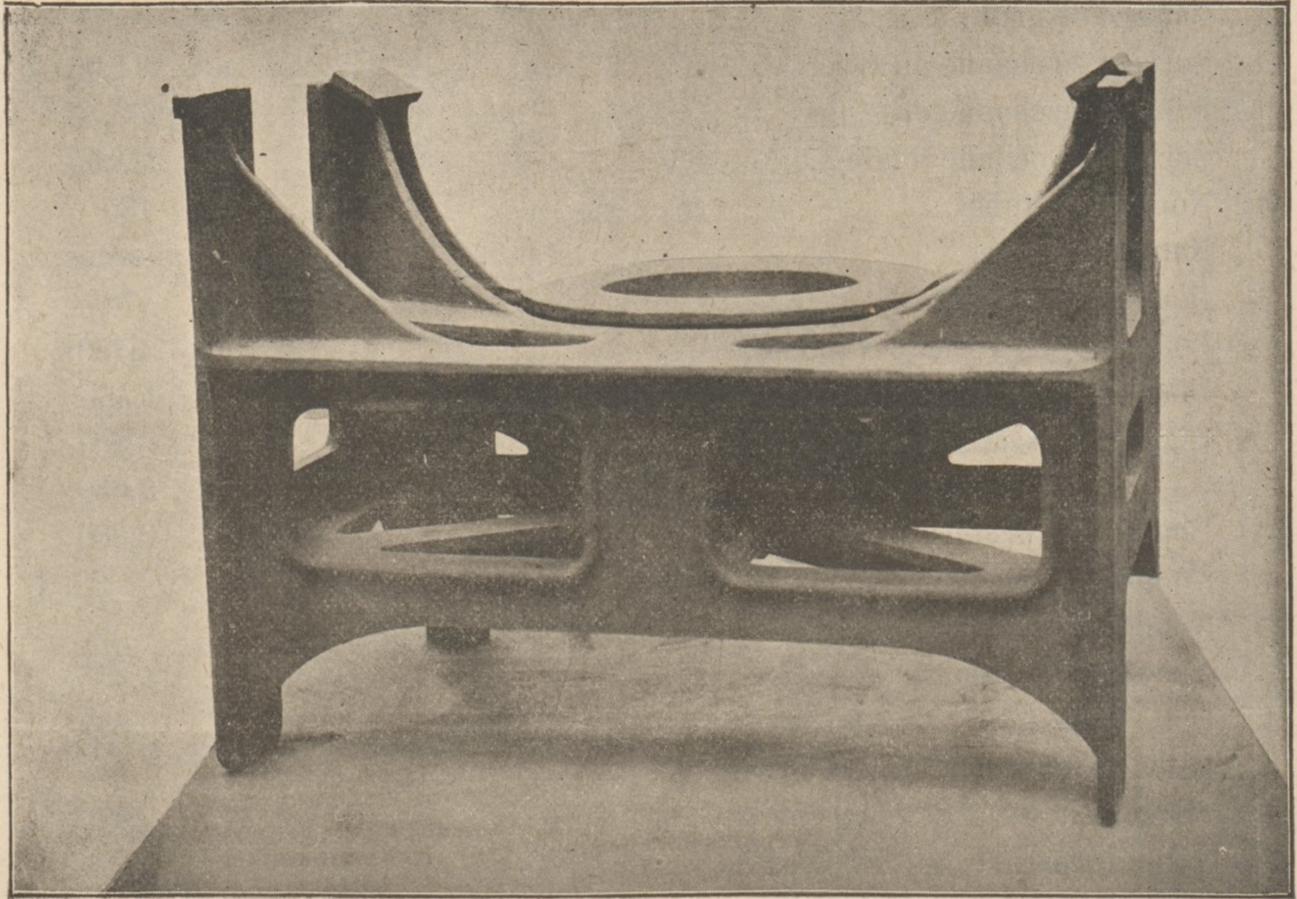
La Fig. 3 donne une vue photographique de l'entretoise du bogie *A* qui porte la crapaudine du pivot sphérique. La Fig. 4 représente le caisson du bogie *R* et la glissière circulaire du pivot arrière.

Mécanisme. — Roues. — Les quatre mécanismes sont identiques. Les bielles sont seules ajustées ; leurs corps sont bruts de forge.

Les cylindres ont des tiroirs plans compensés suivant la règle suivie à la Compagnie du Nord.

La partie compensée des tiroirs H.P. est en communication avec la lumière d'échappement H. P. La partie compensée des tiroirs B.P. est mise en communication par une double soupape montée sur le plateau de boîte à vapeur, soit avec l'échappement (régulateur ouvert), soit avec la boîte à vapeur (régulateur fermé). Cette disposition a l'avantage de permettre de se trouver pendant la marche à régulateur

Fig. 3. — ENTRETOISE DU BOGIE *N*.



fermé dans des conditions d'un tiroir plan ordinaire, et diminue les résistances spéciales auxquelles donnent lieu, à ce moment, les tiroirs compensés.

Les glissières de têtes de piston sont en acier moulé avec raiques de glissement en fer cémenté et trempé.

Les essieux de 180 ^m/_m de diamètre au corps et les boutons de manivelle sont en acier au nickel et chrome.

Poutre.

La forme et les dimensions sont établies pour répondre aux conditions suivantes :

Reporter le poids de la superstructure (Chaudière, Abri, Caisses à eau *R*, etc.), sur les bogies *N* et *R* ; transmettre les efforts de traction des deux bogies aux crochets *N* ou *R* ; assurer le tamponnement à l'*N* et à l'*R*.

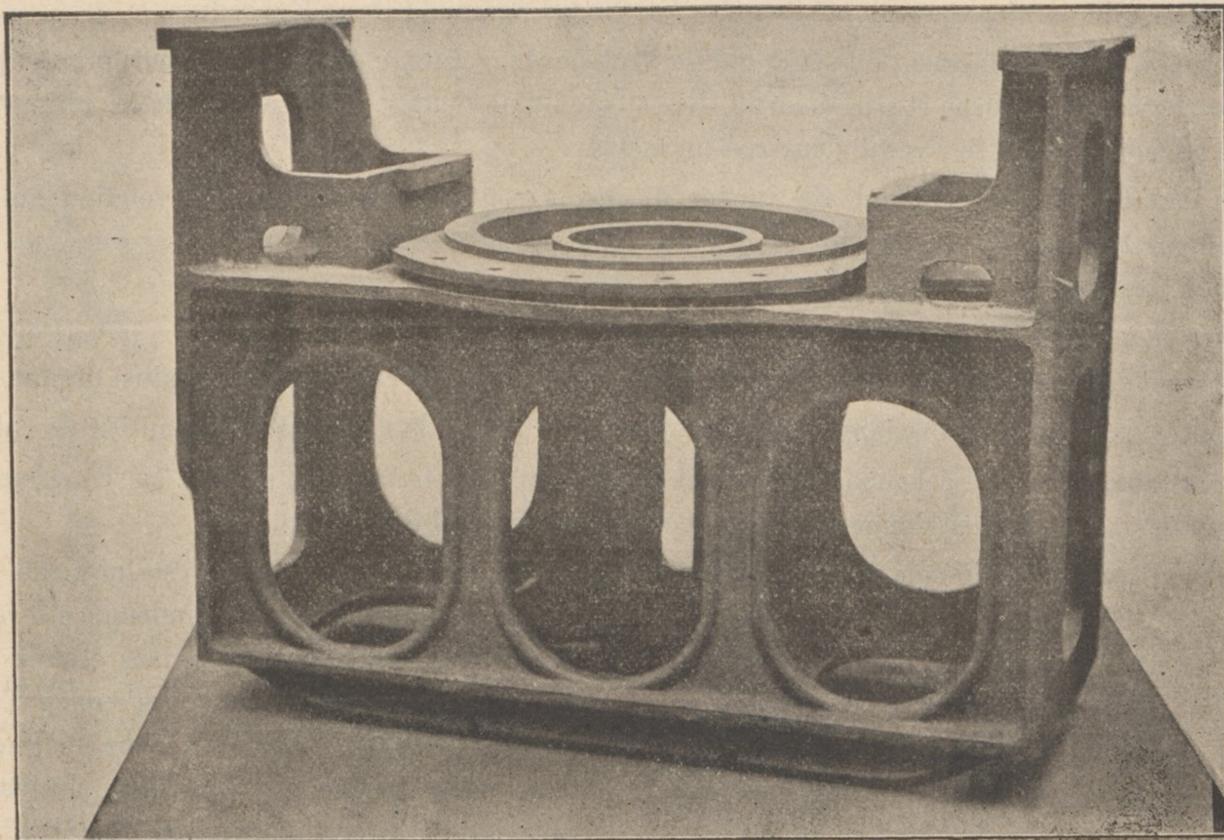
Sa forme générale est celle d'une poutre rectiligne horizontale dont la section courante est un caisson constitué par deux âmes verticales de 20 ^m/_m réunies à deux semelles horizontales de 12 ^m/_m, par 4 cornières de 90 × 90, comme l'indique la Fig. 5.

Le caisson est entretoisé intérieurement par plusieurs pièces en acier moulé. Ses deux extrémités, au delà des pivots *N* et *R*, s'évasent en forme de V et sont rendues démontables par des assemblages à boulons avec la partie droite. Elles portent les traverses d'attelage *N* et *R*.

Les dimensions adoptées pour les tôles et cornières (en acier doux) sont telles que la fatigue maximum en pleine charge ne dépasse pas 4 k. environ.

Certaines dispositions ont été prises en raison de la grande distance existant entre chaque traverse d'attelage et le pivot correspondant : les champignons des tampons ont été élargis, et ces tampons sont montés sur deux ressorts de telle façon que leur course est double de celle des tampons ordinairement montés sur les traverses de machines ; ils se prêtent, de cette façon, d'autant mieux aux obliquités que peut prendre la traverse par rapport à celle du véhicule qui y est attelé.

Fig. 4 — ENTRETOISE DU BOGIE R.



La tige de chaque crochet de traction est prolongée jusqu'à une cheville placée à la naissance de la partie évasée de la poutre ; le point d'application de l'effort de traction se trouve ainsi très rapproché du pivot du bogie correspondant.

Chaque crochet de traction se déplace dans une ouverture pratiquée sur la traverse et il est attelé sur deux ressorts spirales de 12 tonnes chacun, indépendants l'un de l'autre ; l'attelage reste donc élastique jusqu'à concurrence de 24 tonnes d'effort de traction.

Chaudière.

La chaudière se rapproche beaucoup par ses dimensions de celles des machines à grande vitesse type Exposition de la Compagnie du Nord (Série 2.643-2.675) ; toutefois la grille a été portée de 2^m2,78 à 3^m2, la longueur des tubes entre plaques tubulaires de 4^m,300 à 4^m,750.

Le corps cylindrique, de 6^m,420 de longueur, est formé de 4 viroles en tôle d'acier ; les trois viroles qui sont soumises à la pression de la vapeur (16 kg.) ont 17^m/_m d'épaisseur. Le diamètre moyen de la chaudière est de 1^m,456.

Le foyer est en cuivre ; les entretoises sont toutes en cupro-manganèse.

Le cendrier est formé de deux parties ; la partie supérieure est fixée sous le cadre de bas de foyer et

la partie inférieure est placée sur le bogie arrière. Ces deux parties laissent entre elles un certain jeu, nécessaire pour permettre le déplacement angulaire du bogie autour de l'axe du pivot. Afin de faciliter la vidange du cendrier, sa partie *A'*, est terminée par une trémie. L'entrée d'air se fait par les côtés et par l'ouverture *A'*.

La boîte à fumée, de 1^m,785 de longueur, a reçu, à sa partie supérieure, un plafond constitué par une tôle sur laquelle repose le cône d'embase de la cheminée.

Cette disposition a été adoptée en vue d'éviter les remous des gaz chauds dans la boîte à fumée. La grille à flammèches, de forme rectangulaire, placée à une hauteur de 280 ^m/_m au dessus de l'axe de la chaudière est de grande dimension. L'orifice d'échappement est variable au moyen d'un cône mobile. Il est du dernier type adopté pour les machines Compound, type Exposition.

Le serrage de l'échappement est réglé par la hauteur de l'ajutage mobile intérieur qui comporte un ajutage convergent, tourné et parfaitement lisse et suivi d'un ajutage divergent à ailettes présentant une surface hélicoïdale dont le pas est d'environ un mètre.

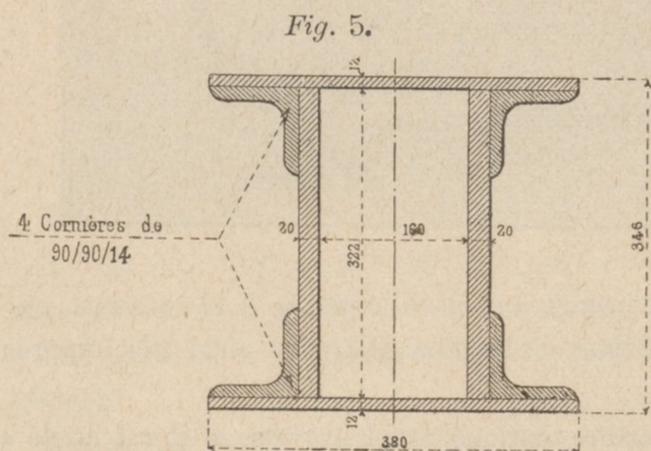
Il en résulte, pour la colonne de vapeur d'échappement, un mouvement de rotation qui produit un meilleur brassage de la vapeur et des gaz chauds et communique à ceux-ci une plus grande puissance vive.

On arrive à produire le même tirage qu'avec les anciens appareils tout en laissant à la vapeur d'échappement une section de passage beaucoup plus grande. La contrepression se trouve ainsi diminuée.

En outre, la hauteur de l'échappement reste constante malgré la variation de la hauteur de l'ajutage.

En pratique, ce nouvel échappement permet d'atteindre des vitesses plus élevées ou d'augmenter les charges remorquées tout en donnant plus de facilité pour la conduite du feu.

La chaudière est boulonnée à l'avant sur un caisson en acier moulé, lequel est lui-même fixé à la



poutre centrale ; le corps cylindrique est relié à la poutre par deux supports formés chacun de deux tôles verticales boulonnées à des fers en T fixés au corps cylindrique. Grâce à leur longueur et à leur faible épaisseur, ces tôles fléchissent et permettent à la chaudière de se dilater librement.

A l'arrière, la chaudière repose sur la traverse en acier moulé placée au droit du pivot du bogie. Sous les angles arrière du cadre de boîte à feu, sont fixés, à cet effet, deux larges sabots en acier moulé, agrafés à la traverse et glissant lors

de la dilatation de la chaudière sur deux surfaces garnies de métal blanc. Enfin, la boîte à feu est encore maintenue transversalement par des butoirs directement fixés à la poutre.

Étant donné la grande longueur de la chaudière et son mode d'appui, il était nécessaire de réunir d'une façon toute spéciale le corps cylindrique et la boîte à feu. A cet effet, les plaques latérales de boîte à feu ont été prolongées par dessus les plaques d'avant, jusqu'à la première virole du corps cylindrique (Fig. 6). Le dôme est très réduit en hauteur par suite de l'élévation de l'axe de la chaudière (2^m,800) ; il contient le régulateur et la prise de vapeur directe des cylindres B. P.

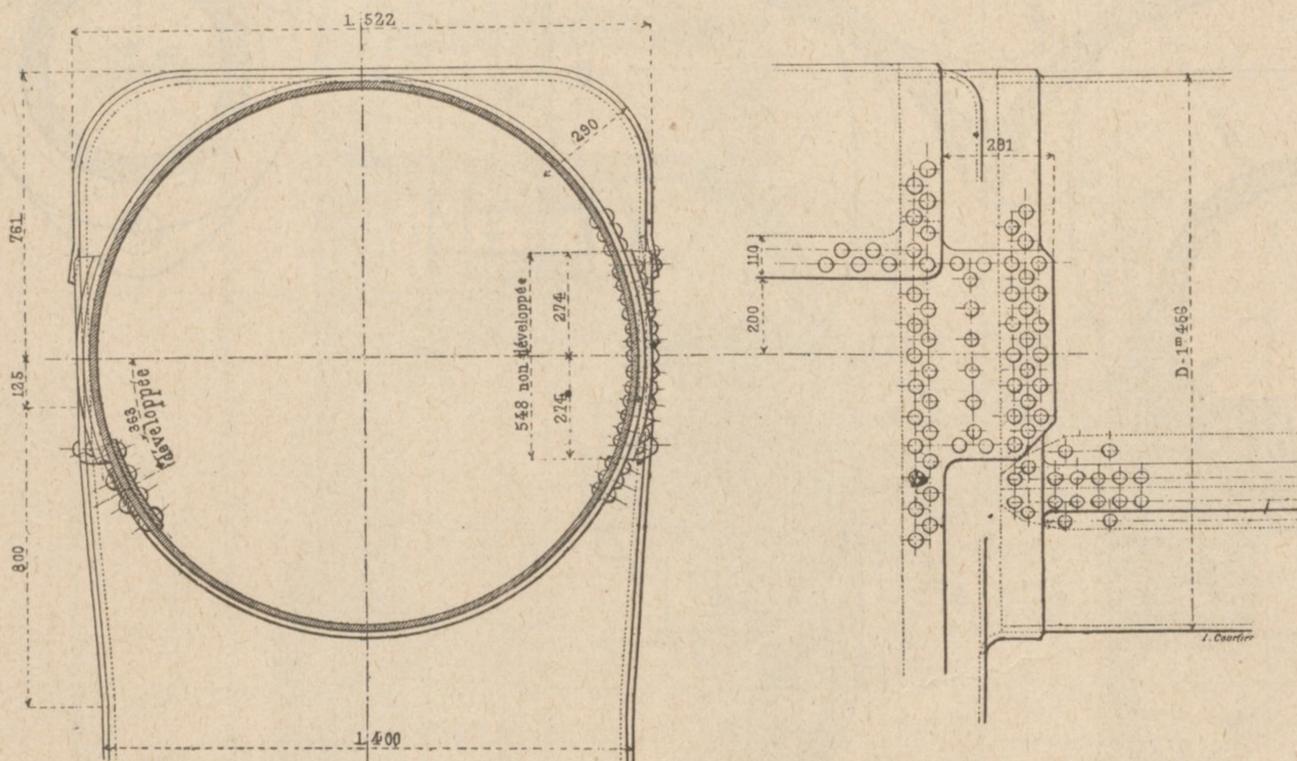
Ces deux appareils qui ne forment qu'une seule pièce, envoient la vapeur aux cylindres H. P et B. P., au moyen de tubulures spéciales, réunies aux culottes d'admission placées à l'extérieur du corps cylindrique. La commande de ces deux prises de vapeur se fait à l'aide de tiroirs plans manœuvrés de l'intérieur de la cabine par deux leviers.

La porte de boîte à fumée est sphérique ; sa fermeture est assurée à l'aide de quatre verrous à vis, disposés symétriquement sur le pourtour, à 90° les uns des autres et en diagonale.

Cette disposition dégage complètement l'entrée de la boîte à fumée.

L'alimentation de la chaudière est assurée par deux injecteurs horizontaux de 10 m/m à réamorçage

Fig. 6.



automatique placés dans l'intérieur de la cabine. Les prises de vapeur sont montées sur la face *R* de la chaudière avec joints à lentille et le refoulement est extérieur avec chapelles d'entrée d'eau.

Tous les joints sont métalliques et montés sur bagues lenticulaires.

Tuyauterie de vapeur.

On a profité du fait que le bogie *R* ne peut prendre que des déplacements angulaires horizontaux sous la superstructure, pour faire passer la vapeur allant de la chaudière aux cylindres H. P par l'axe même du pivot *R* au moyen de deux culottes verticales en bronze emboîtées l'une dans l'autre. Ces pièces sont disposées à l'*R* de la boîte à feu, sous la porte du foyer.

La culotte supérieure reçoit la vapeur de la chaudière par deux tuyaux latéraux qui longent la boîte à feu, et qui comportent dans leurs parties horizontales des joints à dilatation évitant à cette culotte la fatigue pouvant provenir de la dilatation de la chaudière. Elle repose sur 2 glissières latérales en fer fixées à la poutre, et qui lui servent de chemins de dilatation, en même temps qu'elles l'enserrent latéralement et s'opposent ainsi à sa rotation lorsque le bogie *R* se déplace ; 2 agrafes solidement fixées à ces glissières s'opposent au soulèvement de cette culotte sous la poussée de la vapeur.

A la culotte inférieure sont fixés les 2 tuyaux en acier solidaires du bogie *R* qui conduisent la vapeur aux cylindres H. P.

Cette culotte est supportée par une bielle en acier moulé reliée au bogie *R* et qui la rend solidaire des déplacements angulaires de ce bogie.

Le joint entre les 2 culottes est constitué par des garnitures métalliques dont le serrage est réglé par un dispositif spécial d'écrous avec rondelle Belleville représenté Fig. 7 et 8.

La vapeur se rend du groupe H P au groupe B P par 2 tuyauteries latérales dont chacune relie un

cylindre H P au cylindre B P situé du même côté de la machine ; ces 2 tuyauteries constituent une partie du réservoir intermédiaire. Pour permettre les déplacements relatifs des 2 bogies *A* et *R*, chacune de ces tuyauteries comprend : (Fig. 9).

2 tubulures porte-rotules, en fonte, l'une boulonnée sur le cylindre H P, l'autre sur le cylindre B P, cette dernière comportant, en outre, une lanterne commandée par un piston à air comprimé et qui permet, dans le cas de l'admission directe à 6^k,5 dans les boîtes à vapeur B P, d'évacuer la vapeur des cylindres H P, directement à la conduite d'échappement B. P.

Dans ces tubulures en fonte s'emboîtent 2 tuyaux à rotules sphériques en bronze prolongées l'une par un fourreau l'autre par une douille, ces deux parties glissant à frottement doux l'une dans l'autre, sur une grande longueur.

Les joints des rotules sont constitués par des garnitures à bagues côniques en métal blanc ; quant à l'étanchéité entre le fourreau et la douille, elle a été assurée en pratiquant des cannelures circulaires parallèles à l'intérieur de la douille ; la dernière d'entre elles évacue l'eau condensée par un petit tuyau. Outre ces tuyauteries, une conduite transversale en cuivre rouge fait communiquer les boîtes de vapeur B P. Cette conduite reçoit les tuyaux d'admission directe B P, et porte à chacune de ses extrémités une soupape de décharge réglée à la pression de 6^k,5 qui ne doit pas être dépassée dans les cylindres B P, lors de l'admission directe. La vapeur qui s'échappe de ces soupapes se déverse directement dans la tuyauterie d'échappement B P.

La vapeur détendue sort des cylindres B P par 2 culottes en bronze fixées à ces cylindres (ces culottes reçoivent également la vapeur d'échappement des cylindres H P, lors du fonctionnement à admission directe B P). La vapeur passe ensuite dans 2 tuyauteries en caoutchouc armé et entoilé qui se réunissent à une culotte en bronze fixée sur le support *A* de la chaudière, et communiquant directement avec la colonne d'échappement par un canal venu de fonte dans ce support. Les progrès de la fabrication des pièces de tuyauterie en caoutchouc permettent de compter sur une longue durée de ces tuyaux ; ils offrent le double avantage de ne nécessiter qu'un montage très simple et économique et de présenter un poids beaucoup moindre qu'une tuyauterie métallique articulée. Une disposition semblable sera mise à l'essai pour le passage de la vapeur des cylindres H P aux cylindres B P.

L'admission directe de vapeur à 6^k,5 dans chaque cylindre B P comprend une tuyauterie en acier doux fixée à la culotte d'admission directe sur le corps cylindrique de la chaudière et prolongée par un tuyau simple en caoutchouc cuirassé capable de supporter la pression du réservoir intermédiaire. Ce tuyau vient aboutir à une culotte fixée sur le tuyau de communication des boîtes à vapeur B P et assure le passage de la vapeur, quels que soient les déplacements du bogie *A*.

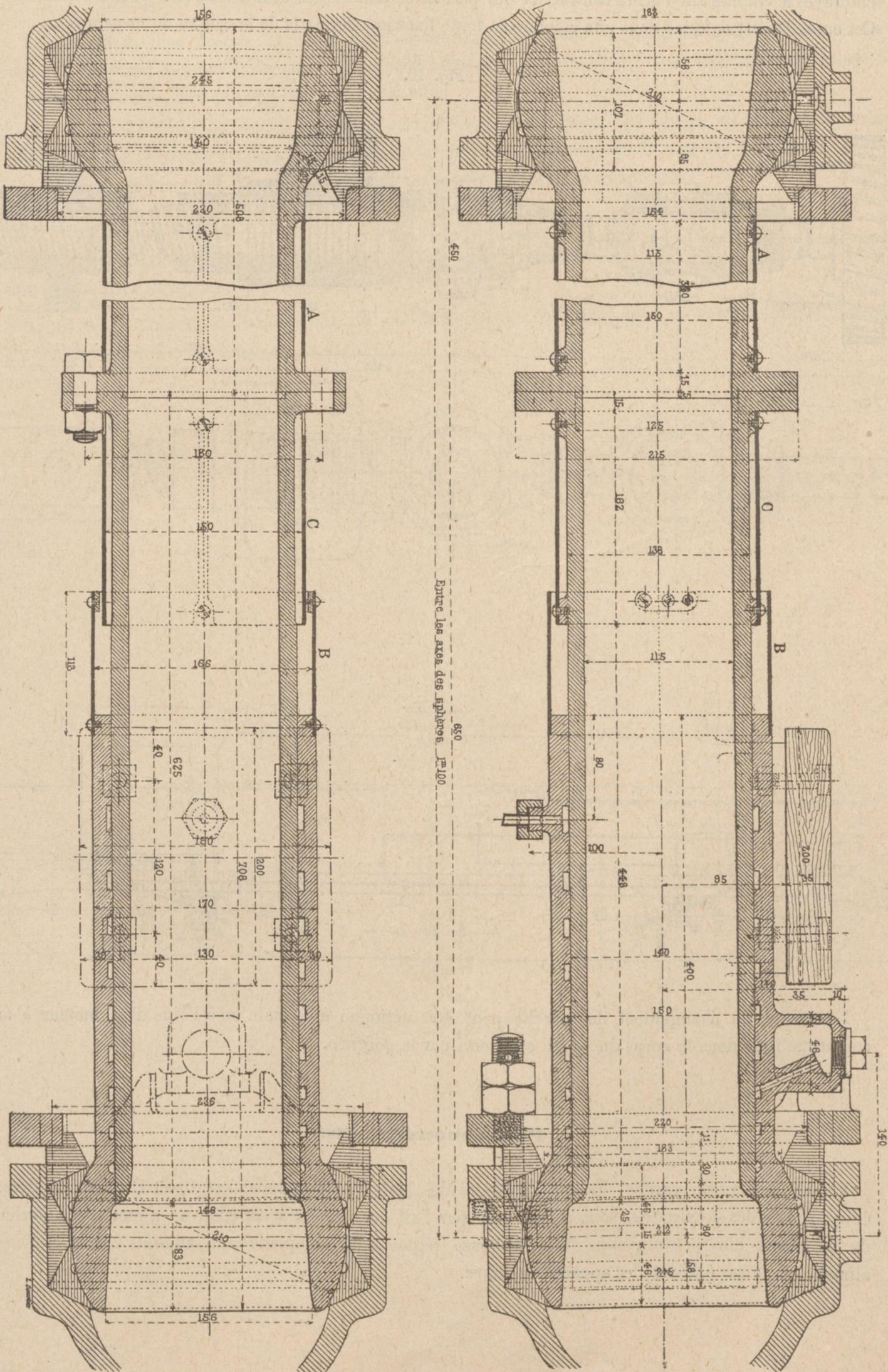
Changement de marche.

Les appareils de changement de marche des deux bogies sont identiques.

Dans chacun d'eux, l'arbre de relevage est attaqué directement par une vis (Fig. 10) dont l'écrou peut osciller dans la fourche du levier de commande. En outre, cette vis est articulée sur un palier de butée fixé à l'entretoise des longerons ; elle est prolongée par un arbre muni de deux cardans (Fig. 11), permettant la transmission du mouvement de rotation quelles que soient les positions du bogie.

Cet arbre est commandé par des engrenages enfermés dans un carter plein d'huile fixé à la poutre centrale, et qui reçoivent leur mouvement d'un arbre longitudinal supporté par des paliers réglables à vis attenant à la poutre. Les arbres longitudinaux sont commandés par le volant de changement de marche, au moyen de la transmission de mouvement à engrenages représenté à la Pl. IV. Ce volant commande directement par un arbre central et des engrenages le mouvement de relevage des

Fig. 9.



mécanismes H. P. Celui des cylindres B P est commandé par des arbres à fourreaux qui peuvent être embrayés à volonté sur l'arbre central, ce qui permet de donner des admissions H P et B P différentes. Cet ensemble est enfermé dans une colonne en fonte fixée aux supports de la cabine du mécanicien.

Fig. 10.

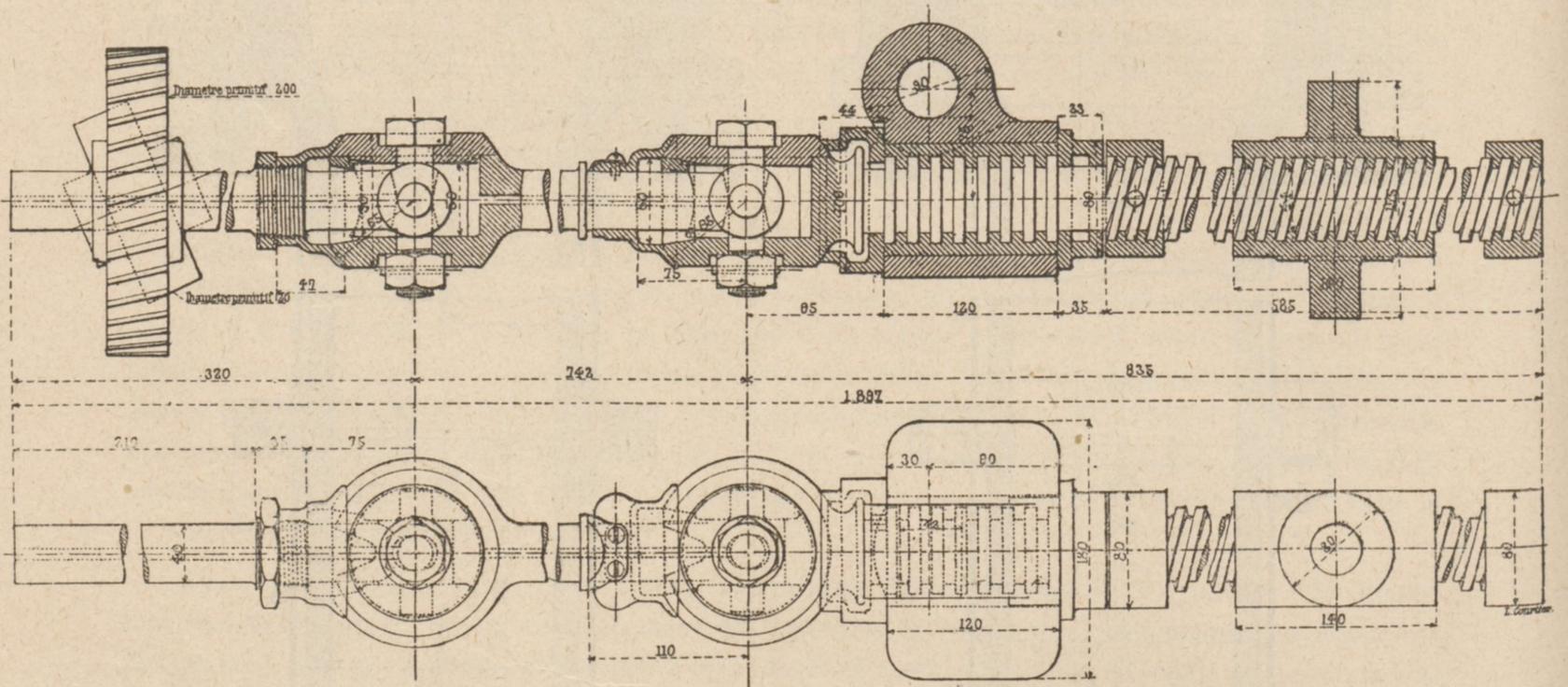
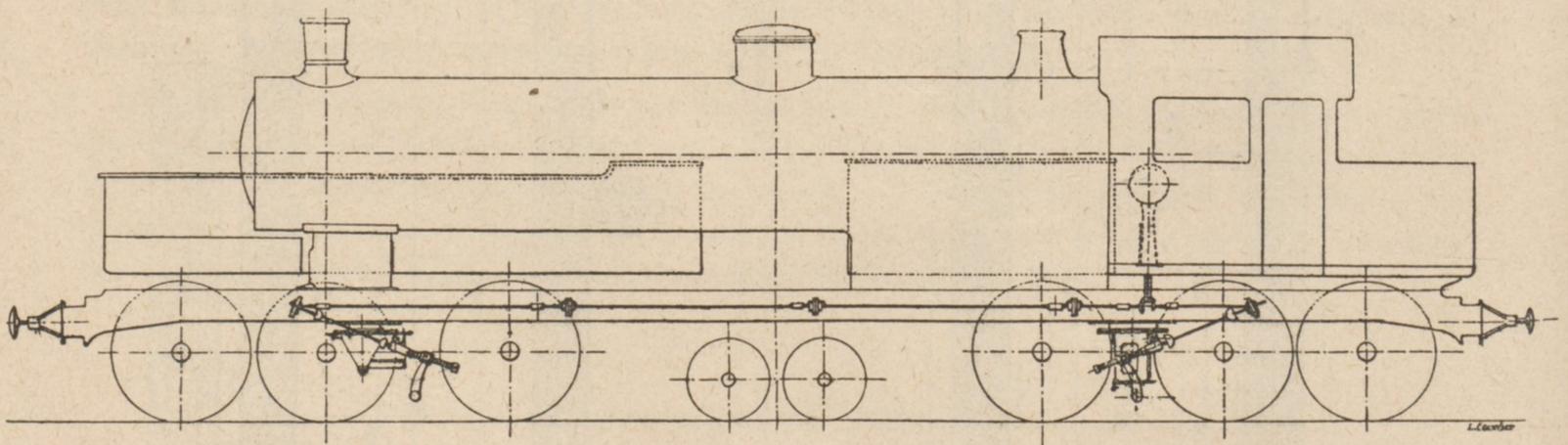


Fig. 11.



Le volant de changement de marche peut être actionné à la main ou à l'aide d'un moteur à air comprimé logé dans le corps du volant et asservi par la poignée.

Petits mouvements.

Le changement de marche, les servo-moteurs des lanternes d'échappement direct H P, les sablières, les purgeurs des 4 cylindres, sont commandés par l'air comprimé ; à cet effet, on a monté à l'intérieur de la cabine une petite pompe Westinghouse réglée à 7^k à laquelle sont adjoints 2 réservoirs qui alimentent, le cas échéant, les appareils précités.

Frein.

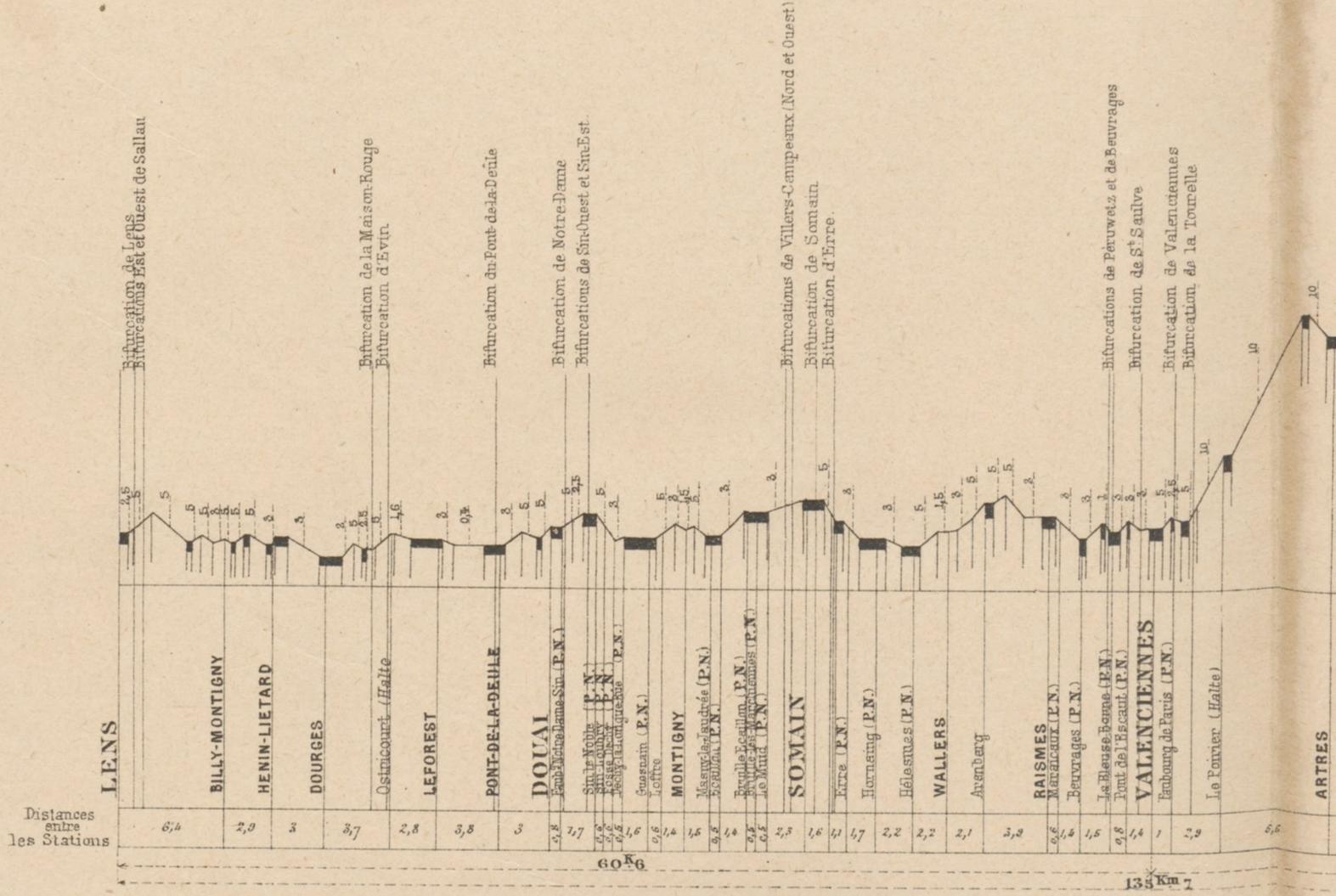
La destination bien précise de la machine : remorquer des trains lourds à marchandises sur fortes rampes, a conduit à la munir du frein à vide qui existe sur tous les fourgons à marchandises freinés ; ce frein a, en outre, l'avantage d'être très modérable.

Les sabots de frein attaquent les 6 essieux moteurs et accouplés ; le freinage est ainsi rendu très énergique (coefficient de freinage 70 % environ du poids) et l'ensemble des timoneries est d'un montage simple, grâce au dispositif d'attaque de chaque essieu par un sac à frein spécial.

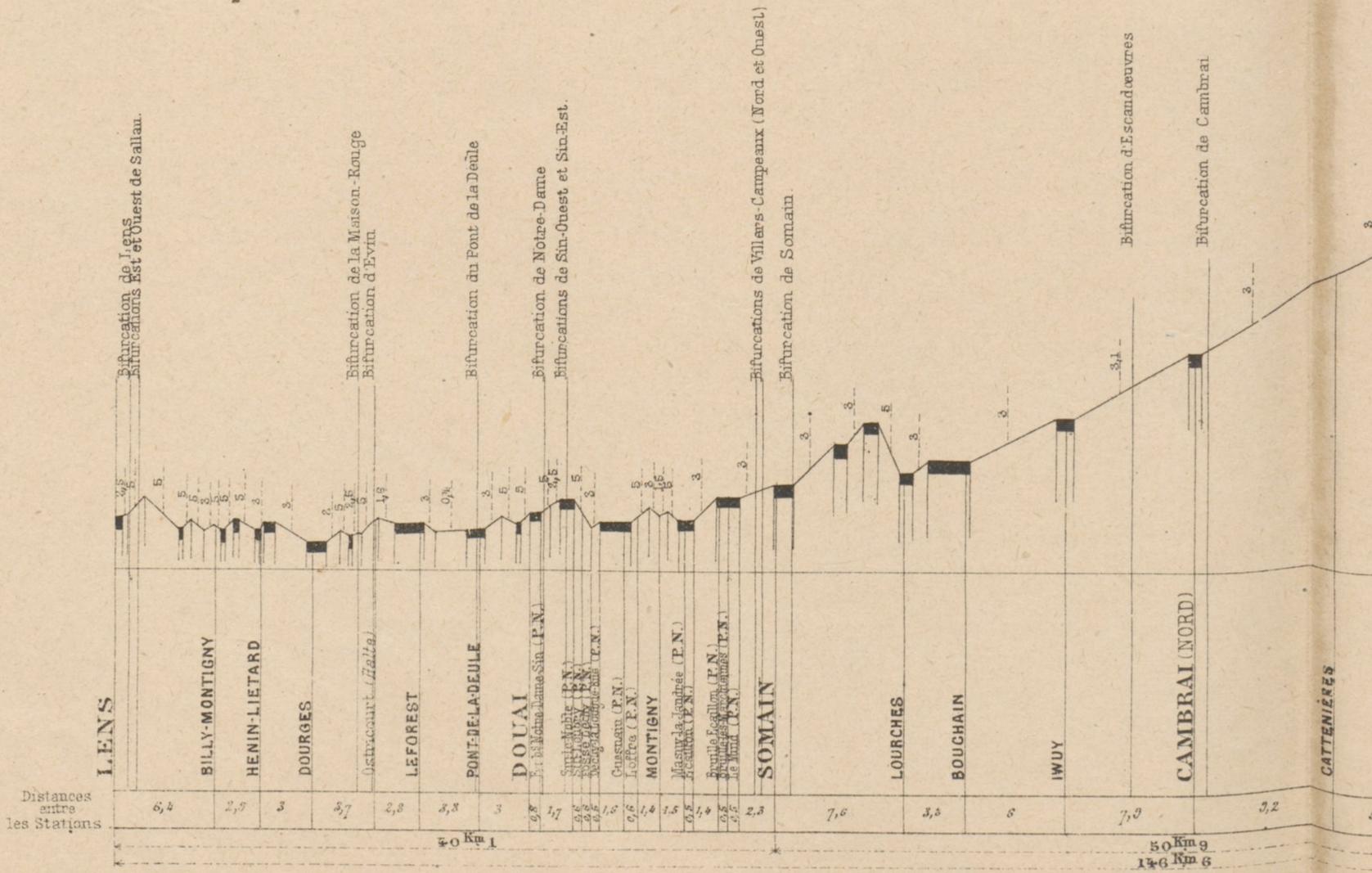
L'une de ces locomotives figure actuellement à l'Exposition Universelle de Liège (Belgique) dans la section française des Chemins de fer.

L'autre va entrer incessamment en service et les résultats obtenus seront communiqués ultérieurement aux lecteurs de la *Revue*.

PROFIL EN LONG DE LENS A HIRSON (VIA VALENCIENNES)



PROFIL EN LONG DE LENS A HIRSON (VIA BUSY)

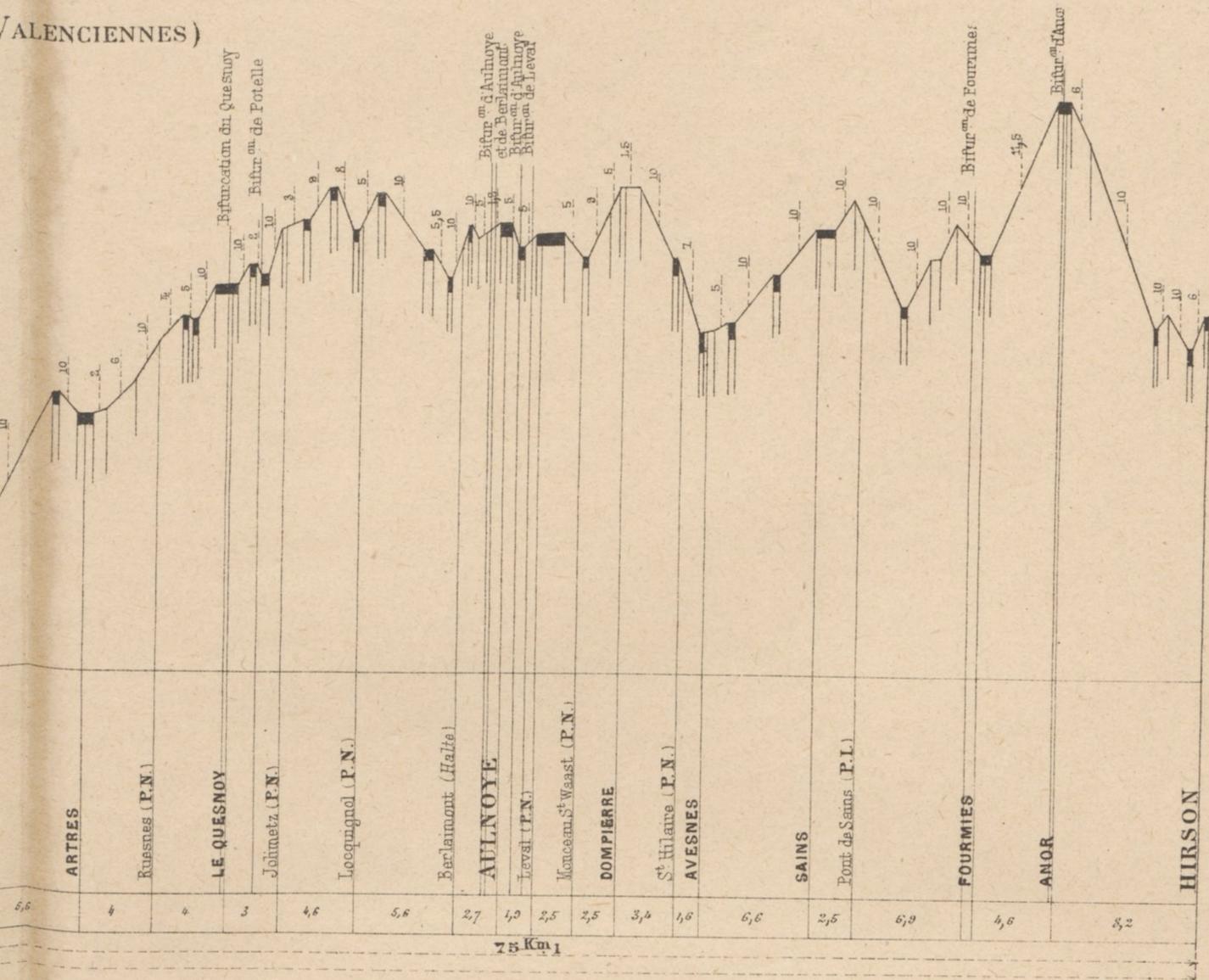


CYLINDRES ET A 2 BOGIES MOTEURS DE LA COMPAGNIE DU CHEMIN DU FER DU NORD

(Note par M. DU BOUSQUET)

Pl. I

(VALENCIENNES)



(BUSIGNY)

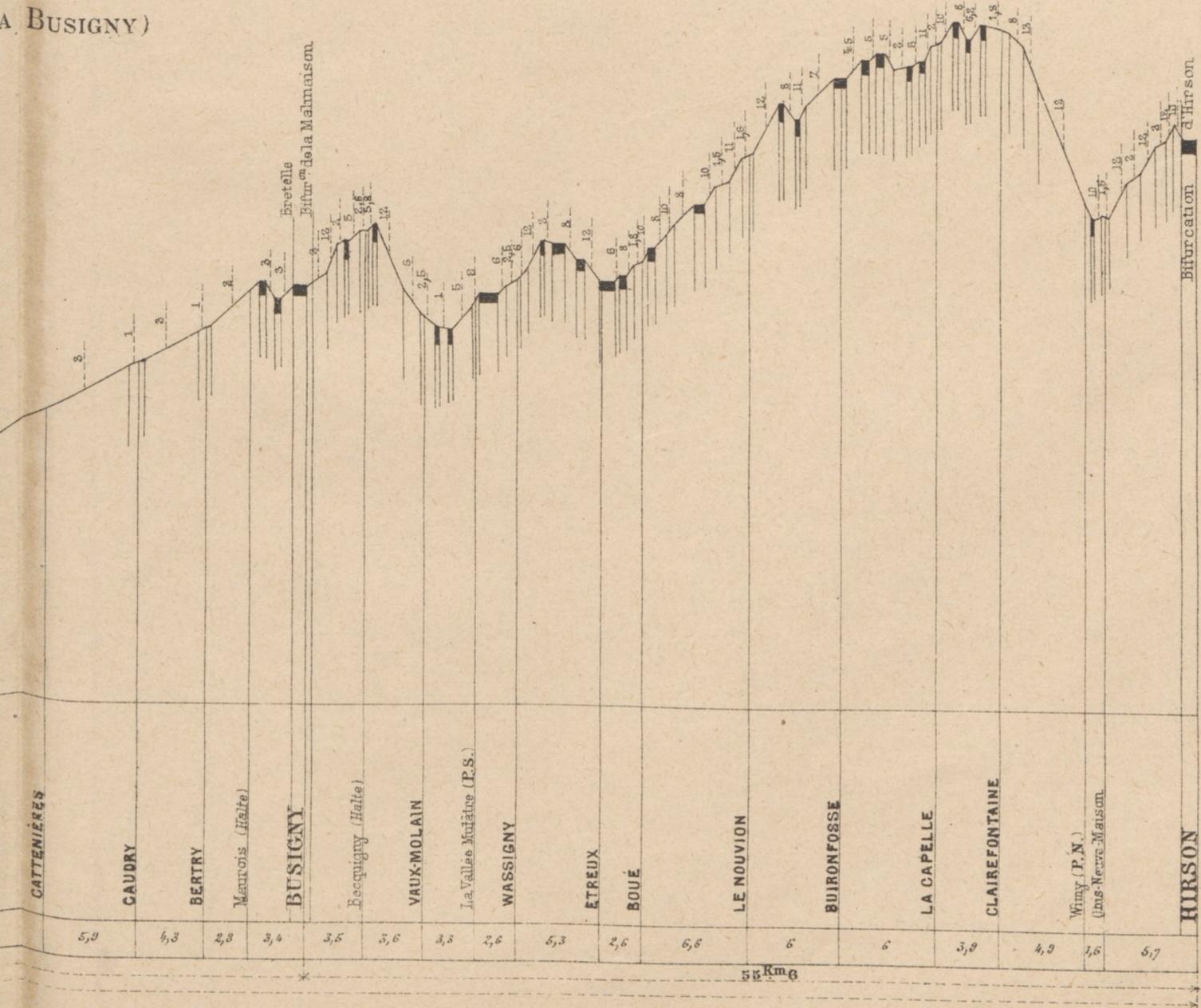


Fig. 1 - Coupe longitudinale

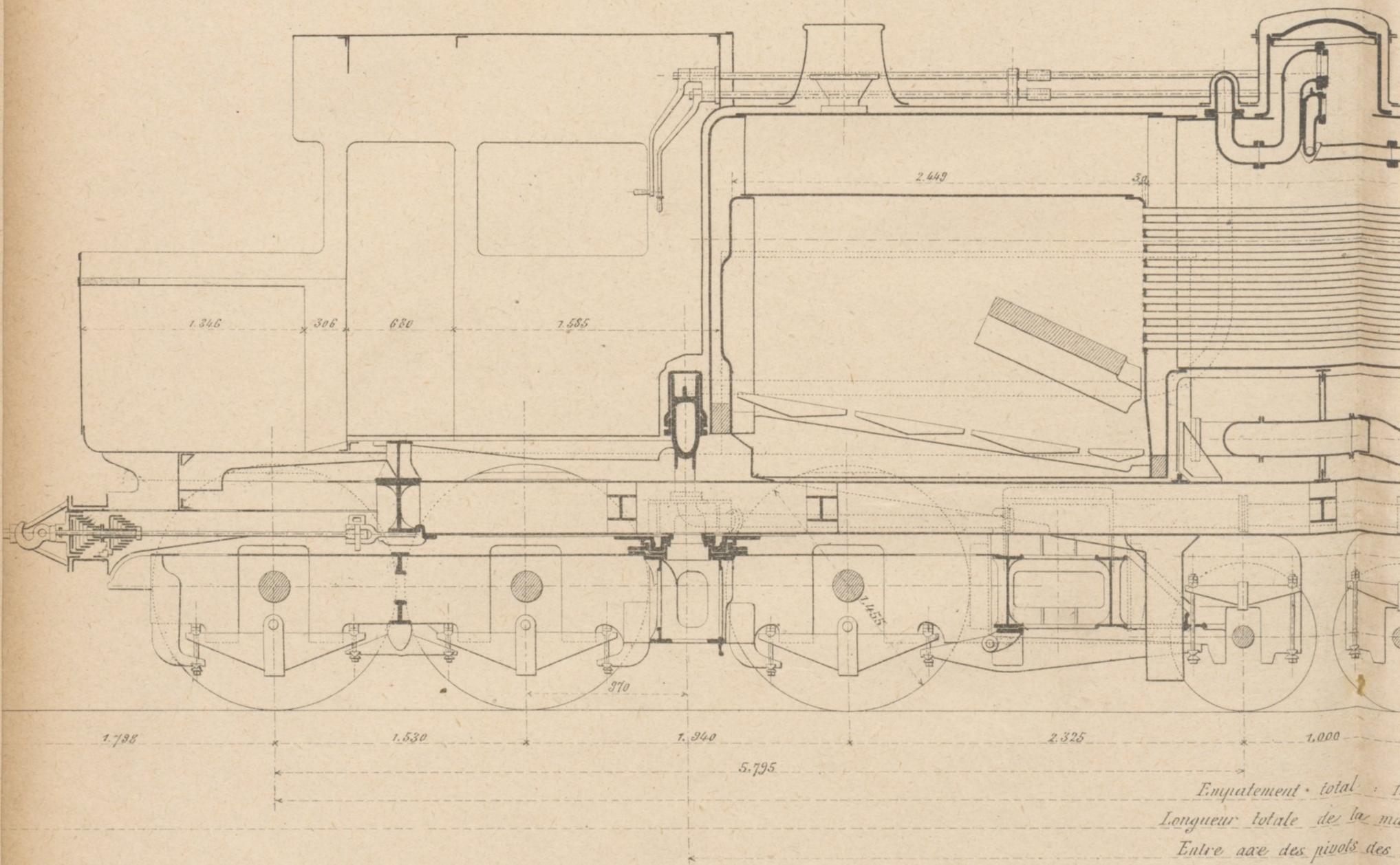
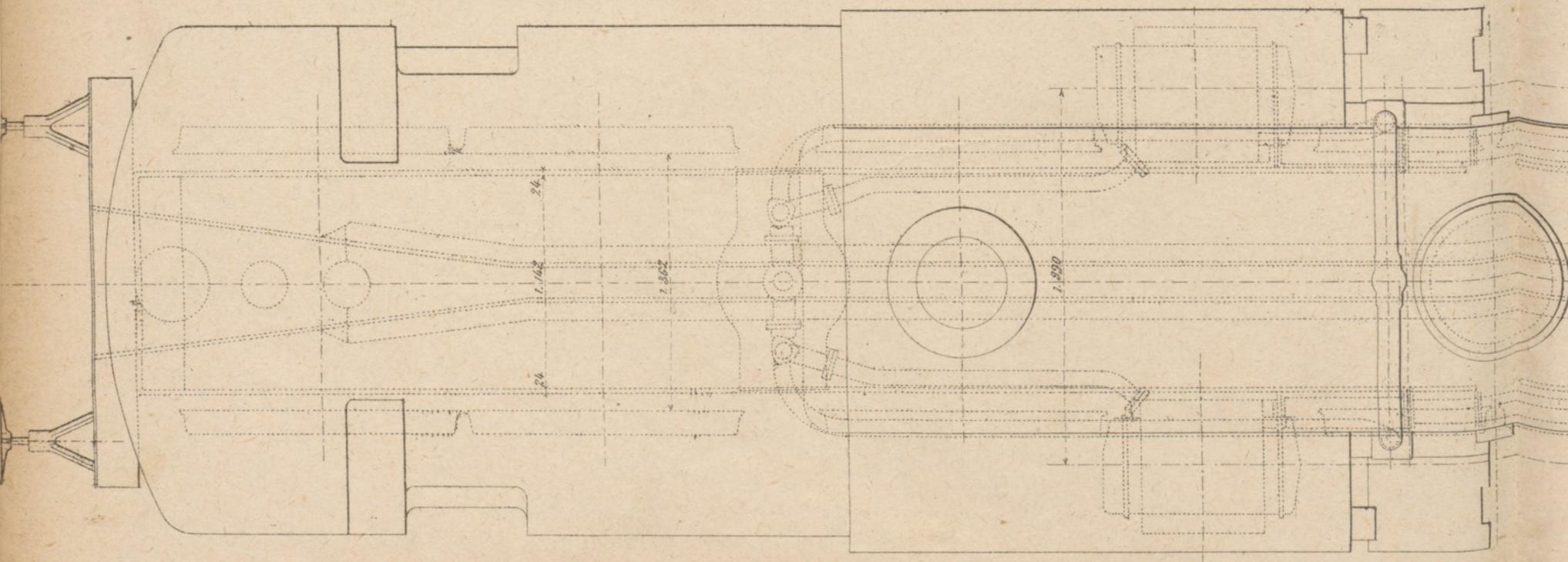


Fig. 2 - Plan



CYLINDRES ET A 2 BOGIES MOTEURS DE LA COMPAGNIE DU CHEMIN DU FER DU NORD

(Note par M. DU BOUSQUET)

Pl. II

BOGIES MOTEURS 6.121, 6.122

1/40

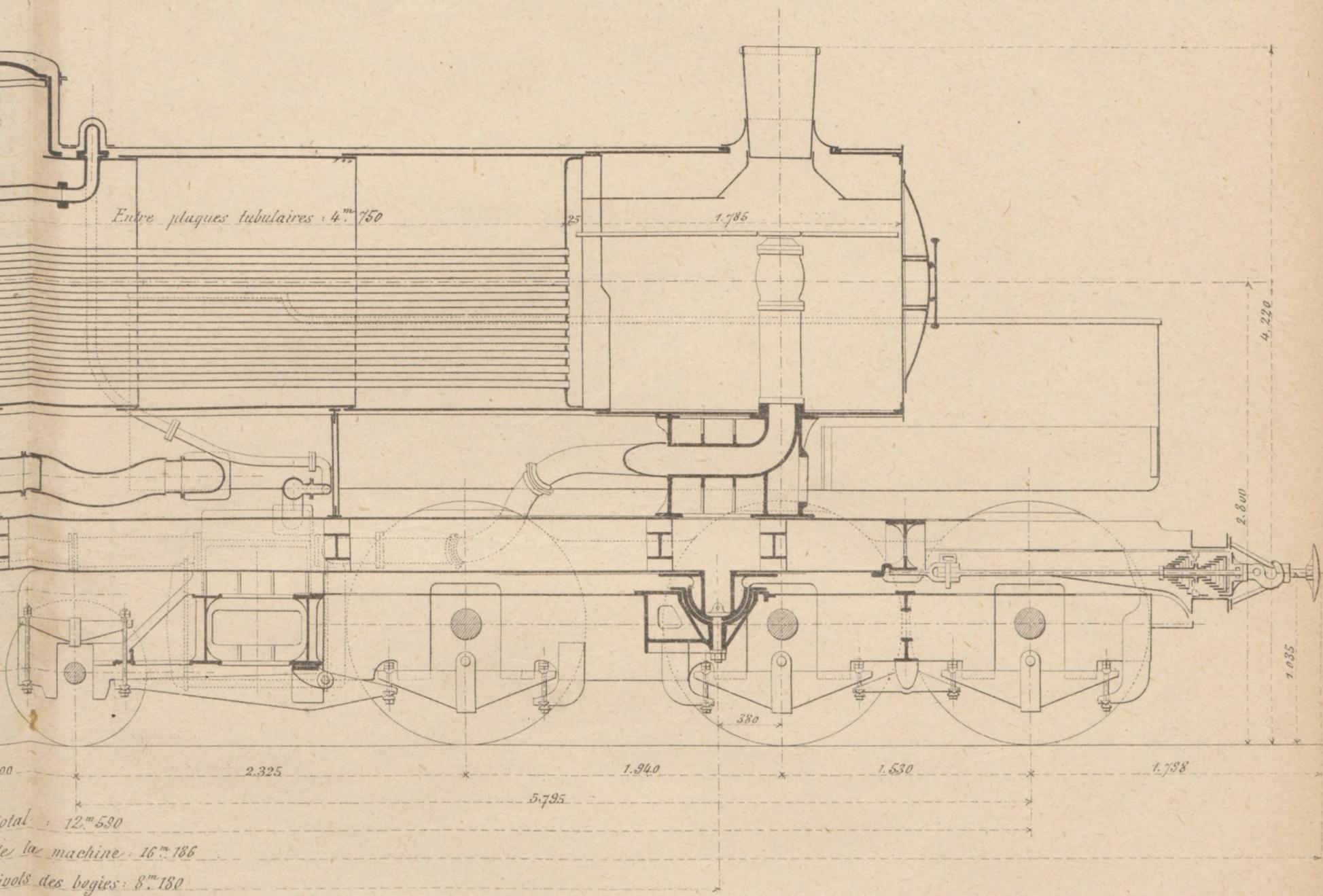
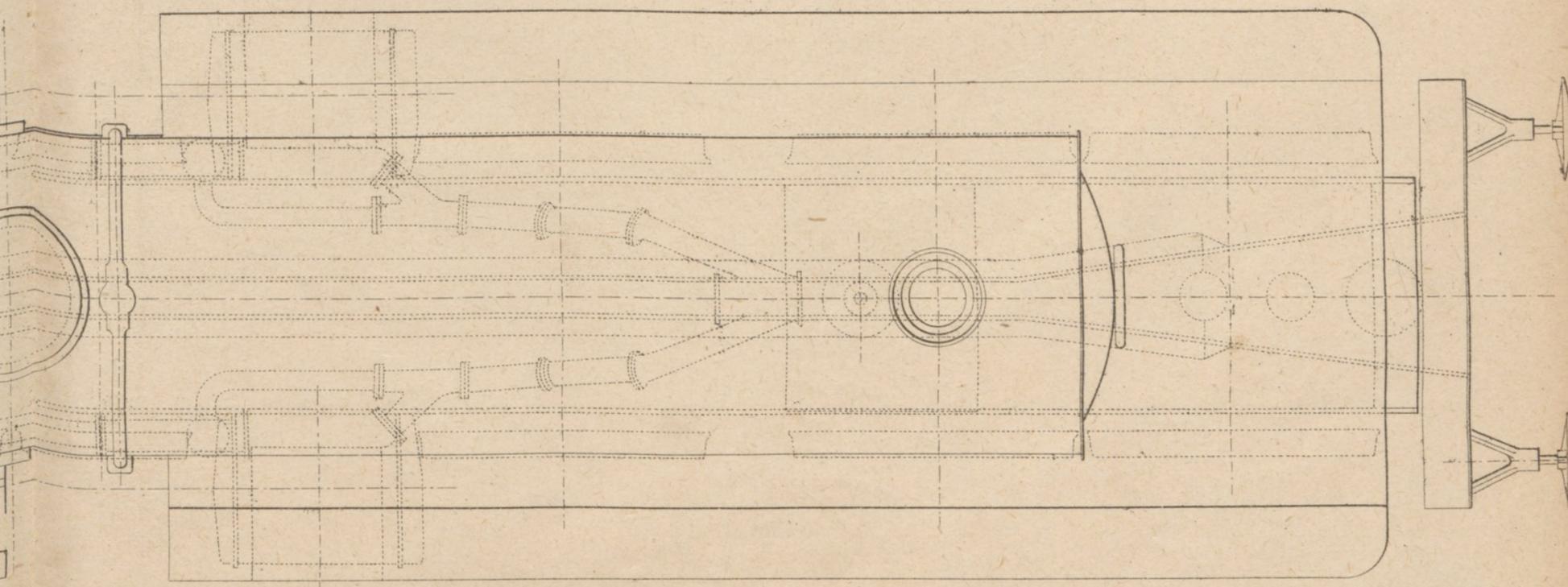


Fig. 2 - Plan



A 2 BOGIES MOTEURS 6.121, 6.122

ble au 1/25

Fig. 2

1/2 Coupe par le pivot d'arrière
Côté G.

1/2 Coupe par le cylindre H P
Côté D.

Vues vers l'A

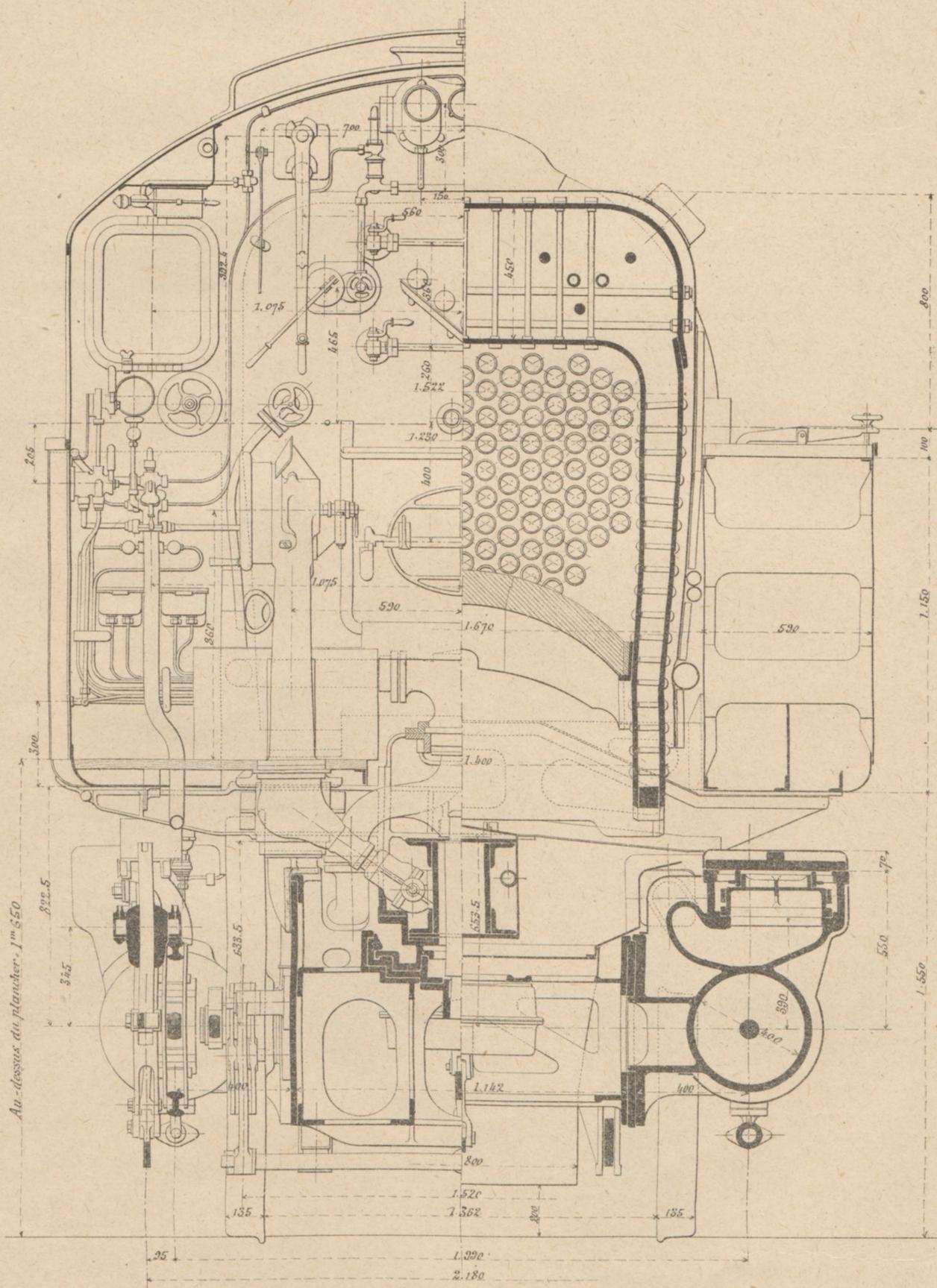


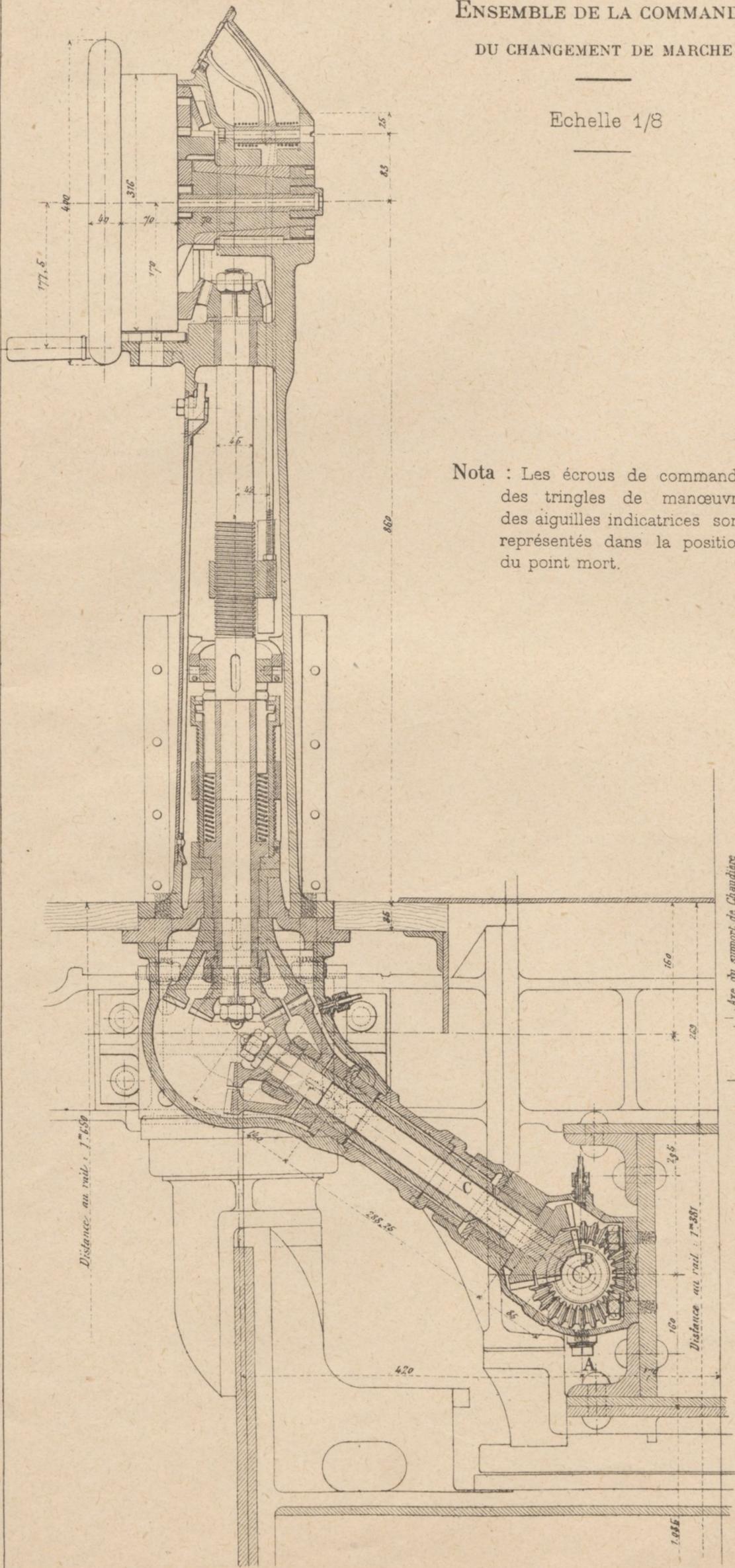
Fig. 1 - Coupe longitudinale

LOCOMOTIVES 6.121, 6.122

Fig. 2 - Coupe transversale

ENSEMBLE DE LA COMMANDE
DU CHANGEMENT DE MARCHE

Echelle 1/8



Nota : Les écrous de commande des tringles de manoeuvre des aiguilles indicatrices sont représentés dans la position du point mort.

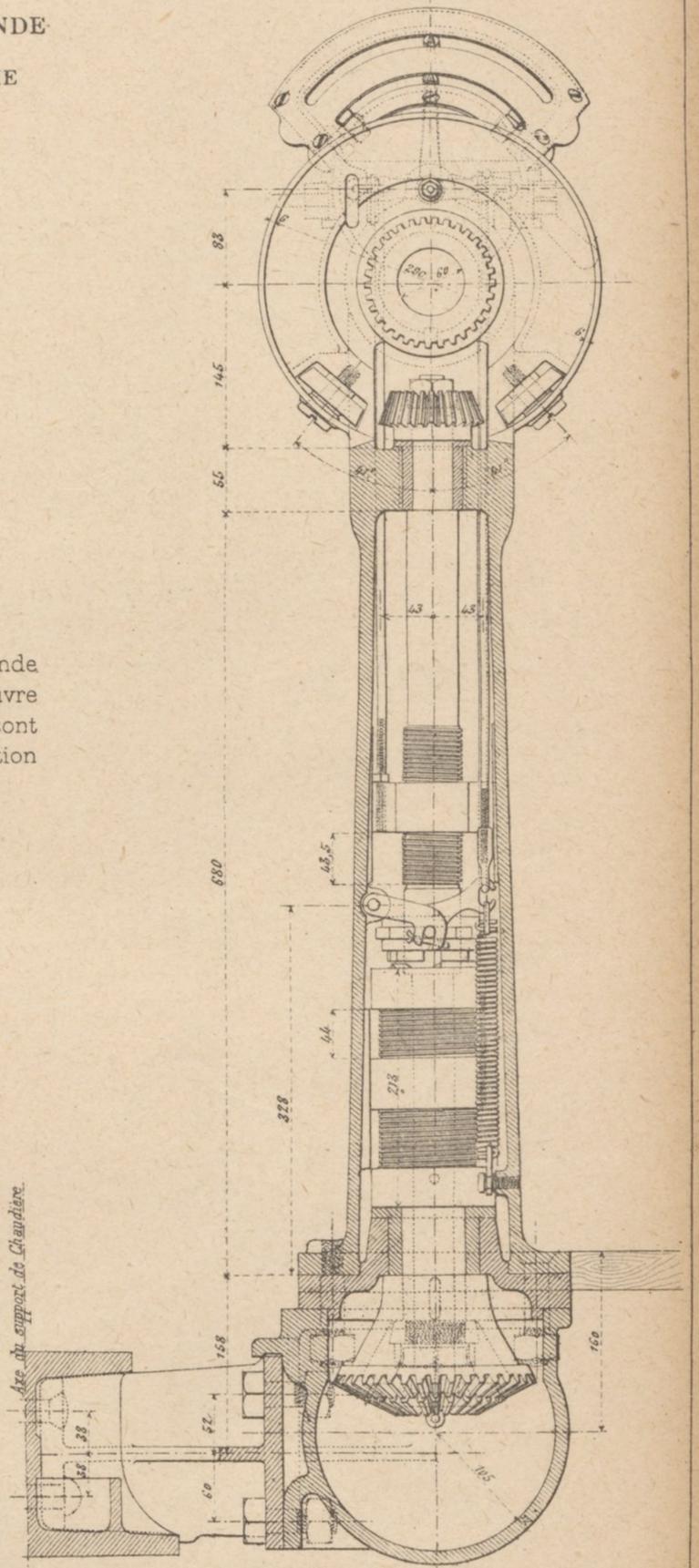
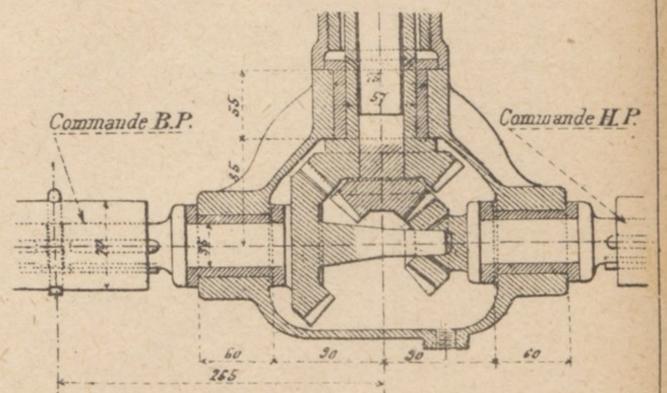


Fig. 3 - Coupe st ABC



RÉSULTATS OBTENUS EN SERVICE

PAR

LES NOUVELLES LOCOMOTIVES COMPOUND A MARCHANDISES

à 4 cylindres et à 2 bogies moteurs

DE LA COMPAGNIE DU CHEMIN DE FER DU NORD

Par M. du BOUSQUET,

INGÉNIEUR EN CHEF DU MATÉRIEL ET DE LA TRACTION.

(Pl. II et III).



J'ai décrit, dans le N^o d'Août 1905 de la « *Revue Générale* » la locomotive à marchandises à deux bogies moteurs que la Compagnie du Nord exposa à Liège en 1905. Deux machines seulement ont été construites à cette époque. Avant de généraliser l'emploi de ce type qui présentait un grand nombre de particularités nouvelles, il importait de se rendre compte du fonctionnement de ces premières machines.

Résultats économiques. — Des expériences méthodiques ont donc été entreprises, dès la fin de 1905, pour déterminer l'économie résultant de leur emploi dans la traction des trains de 950 tonnes sur les lignes de Valenciennes et de Busigny à Hirson, lignes qui, ainsi qu'on a pu le voir dans le N^o cité plus haut, comportent des rampes de 10, 11 et jusqu'à 12^m/_m par mètre.

Dès le principe, les trains de 950 tonnes furent remorqués très facilement et le Service de l'Exploitation demanda de suite, dans un but d'économie, de faire remorquer par deux machines ordinaires des trains de pareille importance, au lieu de faire, comme jusqu'alors, deux trains.

Un certain nombre de groupes de deux machines : l'une à 8 roues couplées, l'autre à 6 roues couplées, furent donc constitués, et je fus ainsi amené à comparer les dépenses de traction dans le cas où le train de 950 tonnes était remorqué, soit par la machine 6.122 (1), soit par le groupe de deux machines.

Les parcours et dépenses de chacun de ces deux modes de traction ont été spécialement relevés et il a été constitué un groupe-type, obtenu en faisant la moyenne de tous les parcours et de toutes les dépenses des différents groupes.

Le tableau ci-dessous, établi pour les 6 derniers mois de 1907, donne la comparaison entre les dépenses kilométriques de combustible, de graissage, d'entretien et de personnel de la locomotive 6.122 et du groupe-type. (Cette comparaison n'a pu être établie pour les premiers mois de 1906, à cause des grèves des charbonnages qui ont modifié les transports de combustibles).

(1) La locomotive 6.121 a figuré, en 1906, à l'Exposition de Milan.

Ainsi qu'on peut le voir d'après le tableau ci-dessus, l'économie résultant de la substitution de la locomotive 6.122 à un groupe serait de 0 fr. 233 par kilomètre.

A ce chiffre, il y a lieu d'ajouter l'intérêt de la différence de prix d'inventaire de la locomotive 6.122 et d'un groupe.

1 locomotive à 4 essieux couplés de la série 4636-4690, avec son tender, revient à	89.500 »
1 locomotive à 3 essieux couplés de la série 3606-3787, avec son tender, revient à	61.100 »
	<hr/>
Ensemble.....	150.600 »
La locomotive 6.122 revient à	116.400 »
	<hr/>
Différence en faveur de la 6.122.....	34.200 »
	<hr/>

Donc, l'économie annuelle peut s'établir de la façon suivante :

Supposant un parcours de 40.642 kil. (20.231 × 2) par an, l'économie de traction sera de :

$$0,233 \times 40.642 = 9.469 \text{ 58}$$

Intérêt à 4 % de la différence du prix de la locomotive 6.122 et d'un groupe :

$$34.200 \times 0,04 = 1.368 \text{ »}$$

$$\text{En tout.....} \quad \underline{\underline{10.837 \text{ 58}}}$$

soit près de 11.000 francs par machine et par an.

Si on avait comparé les dépenses en supposant des trains séparés, l'économie se serait augmentée des frais d'un garde-frein, soit 2.000 fr. par an. L'économie totale serait de 12.837 fr. 58, soit près de 13.000 fr. par machine et par an, sur le mode d'exploitation primitif.

On trouvera ci-après (Pl. II et III) deux graphiques relatifs, le premier à la remorque, par la machine 6.122, d'un train de 969^r,5 (charge utile 640^r) sur la ligne à fortes rampes de Valenciennes à Hirson ; le deuxième à la remorque, par la machine 6.124, d'un train de 1.450 tonnes (charge utile 1.000^r) sur la ligne de Lens à Paris. Ce deuxième train a été fait pour se rendre compte du service des nouvelles machines sur les lignes peu accidentées, à rampes ne dépassant pas 6^{mm} par mètre.

La composition de chacun de ces trains était la suivante :

TRAIN DE VALENCIENNES A HIRSON.		TRAIN DE LENS A PARIS-LA PLAINE.	
Locomotive 6.122		Locomotive 6.124	
1 wagon dynamomètre.....	12 ^r ,5	1 wagon dynamomètre.....	17 »
2 fourgons H H, lestés à 20 ^r	40 »	3 fourgons H H, lestés à 20 ^r	60 »
32 wagons Z Z, chargés de 20	917 »	17 wagons Z ^y , à bogies, chargés de 40 ^r de houille.....	930, 750
		8 wagons Z ^y _f , à bogies, à freins occupés, chargés de 40 ^r de houille	442, 400
		<hr/>	
Total.....	<hr/> <u>969^r,5</u>	Total.....	<hr/> <u>1.450^r,150</u>

SÉPARATEUR D'EAU ET DE VAPEUR.

Fig. 1.

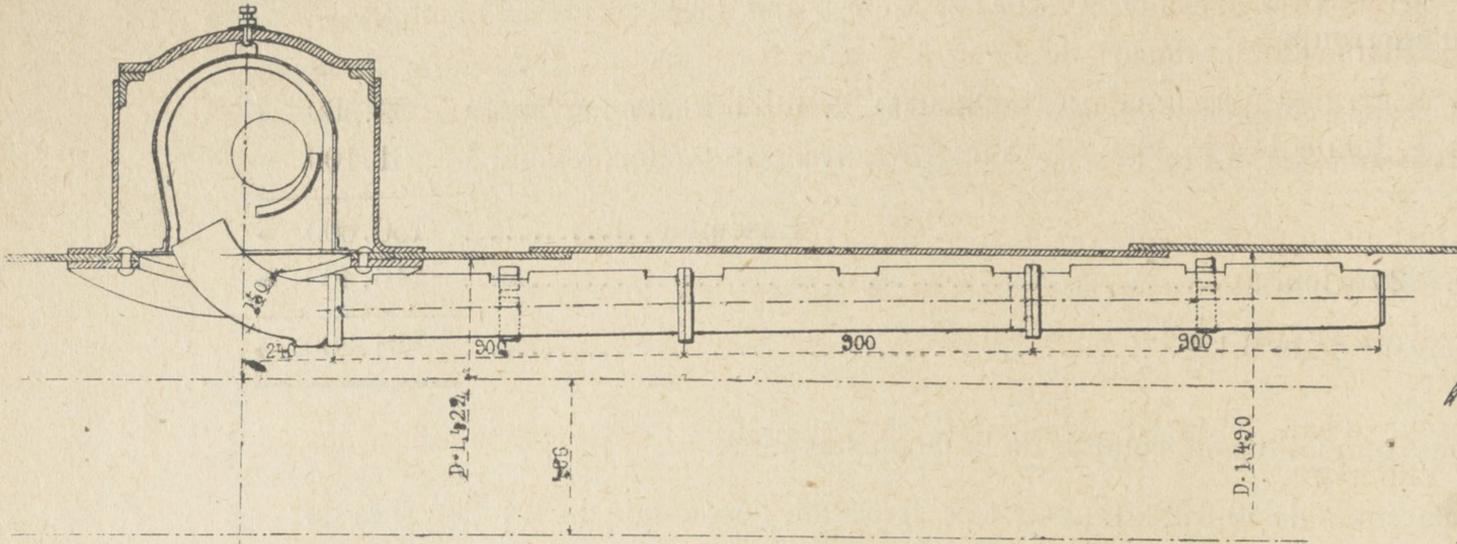


Fig. 2.

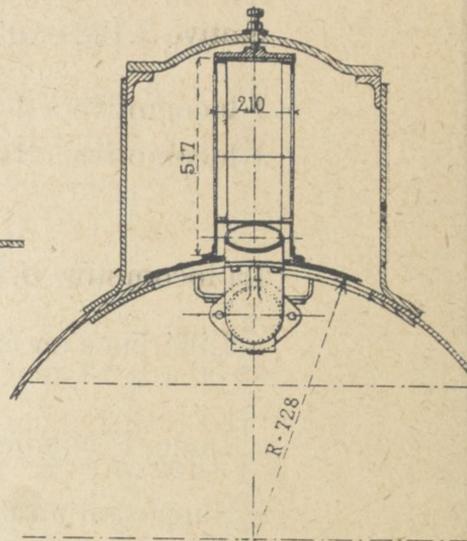
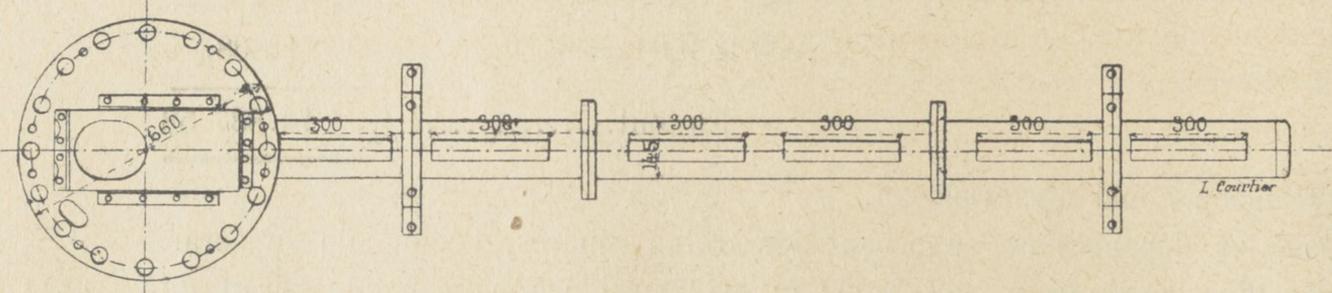


Fig. 3.



RÉGULATEURS A SOUPAPES ÉQUILIBRÉES, SYSTÈME ZARA.

Ensemble des régulateurs.

Fig. 4.

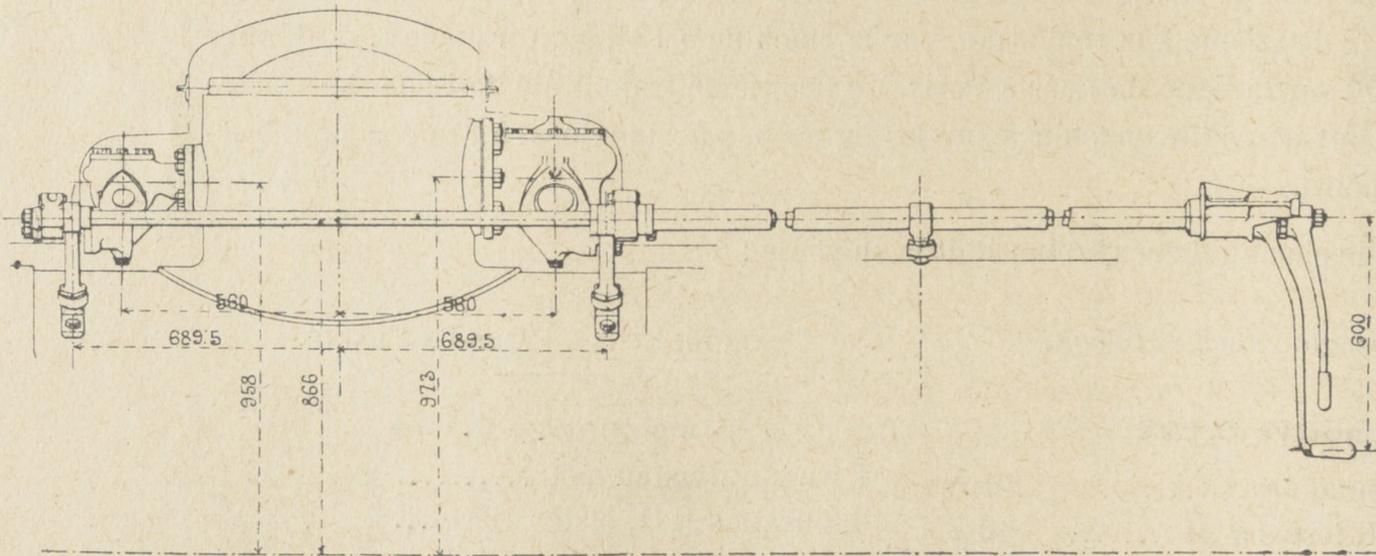


Fig. 5.

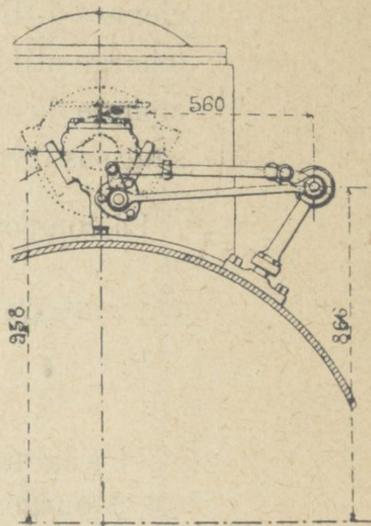


Fig. 7.

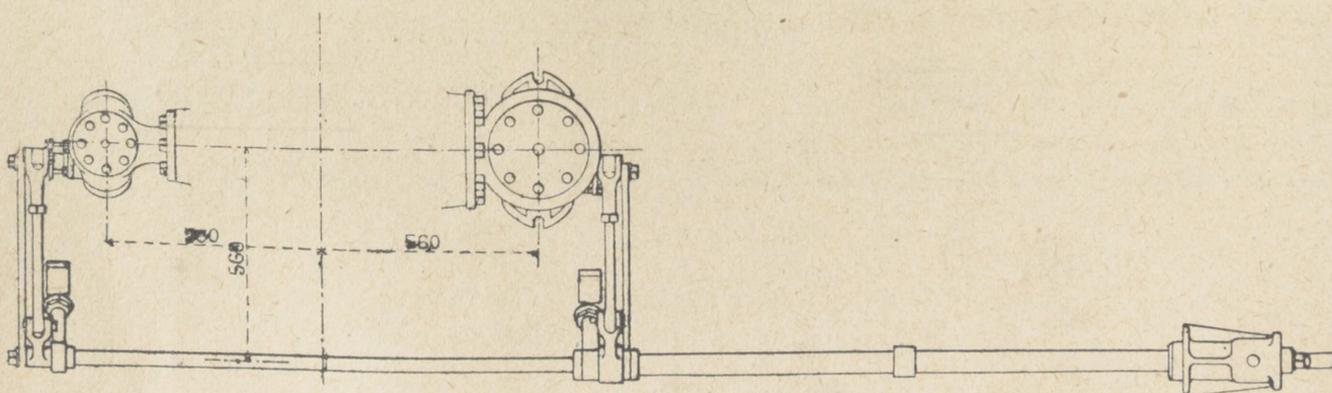
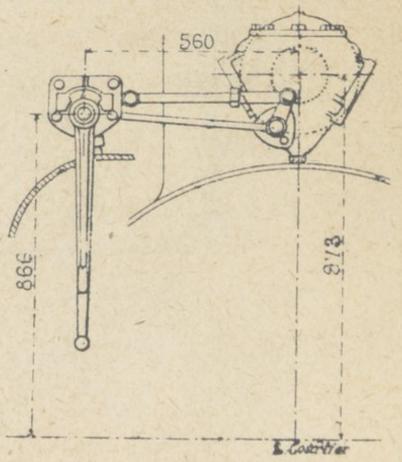


Fig. 6.



Les horaires de ces trains ont été les suivants :

Valenciennes à Hirson (75^k.1) : départ de Valenciennes à 1 h. 52 soir ; arrivée à Hirson à 5 h. 40 soir, avec arrêts à Le Quesnoy, Avesnes et Anor, d'une durée totale de 45 minutes.

Lens à Paris-La Plaine (207^k) : départ de Lens à 8 h. matin ; arrivée à Paris-La Plaine à 5 h. 13 du soir, avec arrêts à Arras, Albert, Longueau, Montdidier, Estrées St-Denis, Verberie, Ormoy, d'une durée totale de 1 h. 38.

1^{er} train. — Ainsi qu'on peut le voir sur le graphique (Pl. II) la vitesse n'est pas descendue au-dessous de 18 à 20 kil. à l'heure sur la rampe de 11^{mm},5, entre Fourmies et Anor ; toutes les rampes de 10^{mm} ont été montées à une vitesse de 20 à 25 kil. à l'heure ; la vitesse maxima a été de 50 kil. à l'heure.

La consommation d'eau a été d'environ 294 l. 5 par kilom., celle de combustible de 34 kilog. 66 par kilomètre.

2^e train. — De même, on constate (Pl. III) que les rampes de 5^{mm} ont été montées à la vitesse de 28 kilom. à l'heure et les paliers parcourus à la vitesse de 40 à 50 kilom. à l'heure. Seul, le démarrage à Lens a été difficile car toutes les boîtes à huile avaient gelé pendant la nuit et le profil réel de la voie théoriquement en rampes de 5^{mm} est variable par suite des affaissements continuels que subit le terrain.

La puissance développée au crochet de traction a été d'environ 1.000 chevaux, avec un maximum de 1.090. La consommation d'eau a été de 227 litres par kilom., celle de combustible de 27^k,9 par kilomètre.

Résultats techniques. — En présence de ces résultats si satisfaisants, la Compagnie a décidé de mettre en construction dans ses ateliers une série de 16 machines (N^{os} 6.123-6.138) du même type, destinées, avec les deux déjà en service, à assurer la traction des trains lourds sur les lignes à fortes rampes (1).

Quelques améliorations de détail, jugées nécessaires après les essais des deux premières locomotives, ont été apportées aux 16 machines en construction. Ces améliorations sont résumées ci-dessous.

Prises de vapeur. — L'élévation de l'axe de la chaudière ne permet pas de donner une grande hauteur au dôme de vapeur et comme aucune précaution spéciale n'avait été prise, il en est résulté des entraînements d'eau vers les cylindres, assez fréquents sur les deux premières machines.

On a cherché à obvier à cet inconvénient en installant dans le dôme un appareil séparateur d'eau et de vapeur. Les Fig. 1, 2 et 3 indiquent sommairement les dispositions adoptées. Pour faciliter l'aménagement de ce séparateur, les régulateurs de prise de vapeur HP et BP ont été reportés hors du dôme, dans les culottes en fonte d'où partent les tuyaux de vapeur allant aux cylindres (Fig. 4 à 7). Ces régulateurs (Fig. 8 à 10) sont à soupapes équilibrées, système « Zara » ; ils sont peu encombrants, très commodément visitables et de manœuvre facile. Ils ont donné toute satisfaction en service, ainsi que le séparateur d'eau et de vapeur qui permet de maintenir un niveau d'eau très élevé dans la chaudière, sans qu'il y ait primage.

(1) Au 30 juin 1907, 10 machines, en tout, étaient en service, y compris les 2 premières.

RÉGULATEUR A HAUTE PRESSION SYSTÈME ZARA.

Fig. 8.

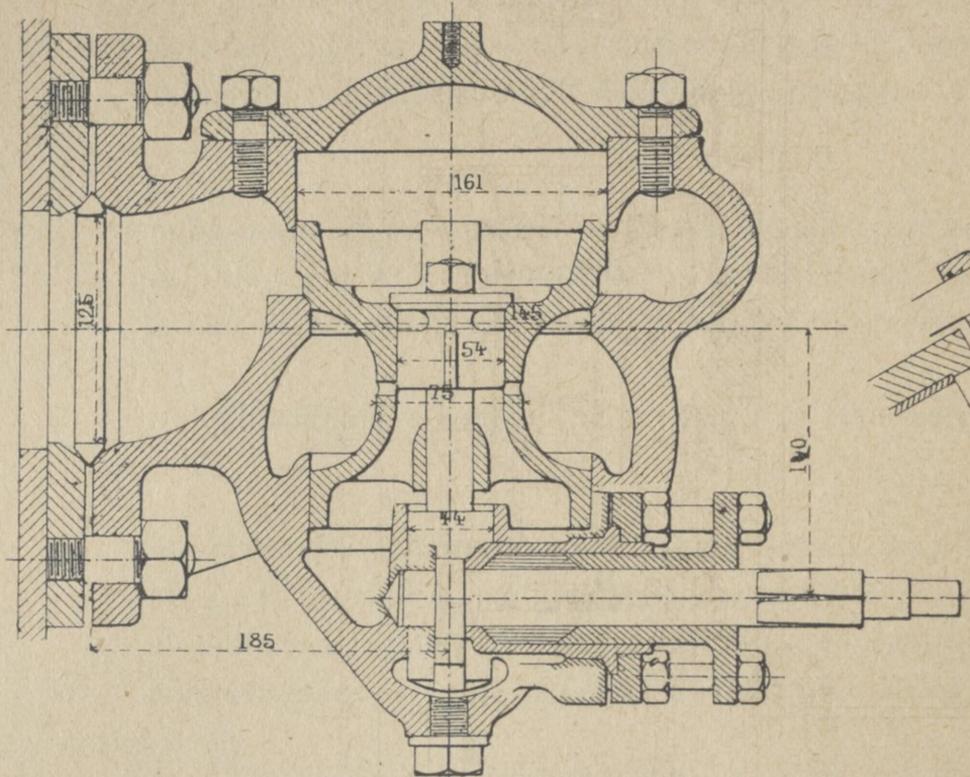


Fig. 9.

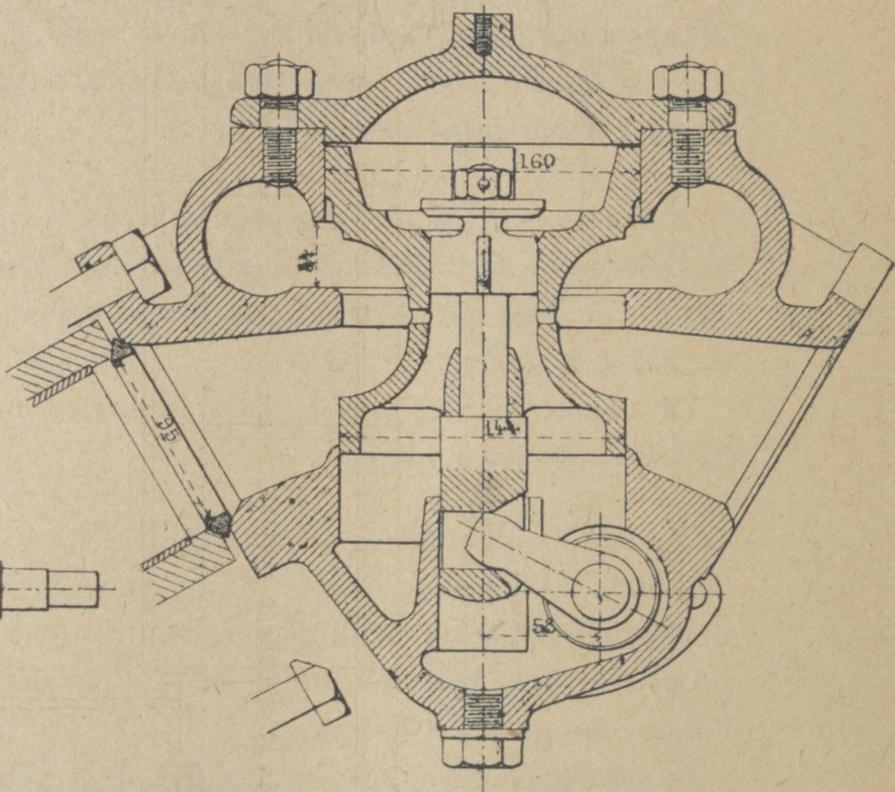
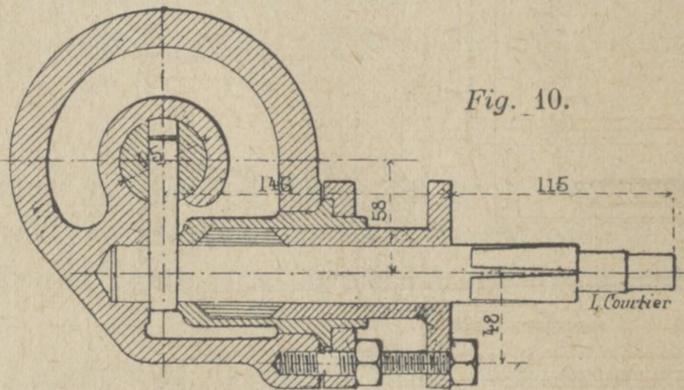


Fig. 10.



Conduites de vapeur. — Dans la machine 6.122, la vapeur se rendait aux cylindres H P en passant par deux culottes verticales en bronze, tournant l'une dans l'autre et placées dans l'axe du pivot central du bogie R, à l'arrière de la boîte à feu ; de là, la vapeur se rendait aux cylindres H P par deux

tuyaux latéraux en acier. — Ce système a donné pleine satisfaction ; il n'avait qu'un inconvénient : c'est de développer la longueur de la tuyauterie et de donner lieu, par suite, à d'importantes pertes de charge aux vitesses élevées, pour ce type de machines, qui ont été atteintes dans les essais spéciaux faits avec la première locomotive.

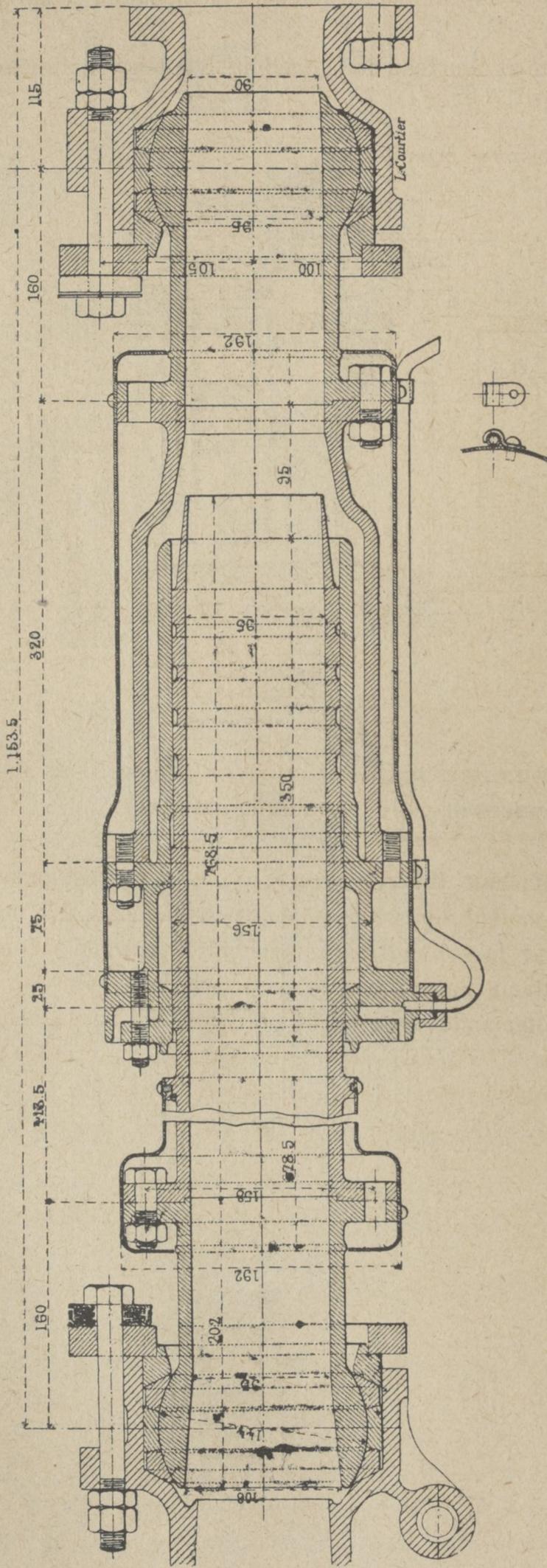
D'autre part, les dispositions que présentaient, dès l'origine, les tuyaux à rotules et fourreaux qui conduisent la vapeur des cylindres H P, placés sur le truck R, aux cylindres B P, placés sur le truck A', ont donné de si bons résultats par leur étanchéité et leur souplesse qu'il fut décidé de recourir à un dispositif analogue pour amener la vapeur du régulateur directement aux cylindres H P.

On réalisait ainsi l'uniformité dans le mode de tourner la difficulté que présente l'articulation des tuyaux.

La Fig. 11, qui donne une vue extérieure du centre de la machine, indique comment cette nouvelle tuyauterie a été disposée sur les dernières machines. Descendant verticalement de la culotte du régulateur, la conduite est coupée par le fourreau à rotules dont le dessin est donné par les Fig. 12 à 14, alors qu'entre les cylindres B P et H P l'étanchéité de la conduite à fourreau est obtenue simplement par une série de cannelures ; sur la conduite de prise de vapeur H P,

ADMISSION DE VAPEUR DES CYLINDRES H P.

Fig. 12.



cette disposition est doublée d'un presse étoupe à bourrage d'amiante, en raison de la pression beaucoup plus élevée qui règne dans cette conduite.

D'autre part, les Figures montrent que le fourreau est à enveloppe de vapeur, de telle façon que la vapeur d'admission chauffe simultanément les conduites intérieure et extérieure. Les dilatations sont alors sensiblement égales et simultanées ; aussi, les deux conduites peuvent-elles être emboîtées sans jeu l'une dans l'autre. Cette disposition, outre qu'elle assure l'étanchéité, a également l'avantage de permettre un guidage parfait de l'emboîtement. Les grosses conduites de vapeur d'échappement, qui relient les cylindres BP à la culotte placée sur la poutre maîtresse, sont à fourreaux et rotules simples, comme les conduites

Fig. 13.

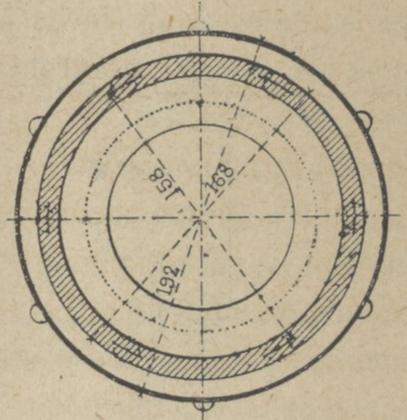


Fig. 14.

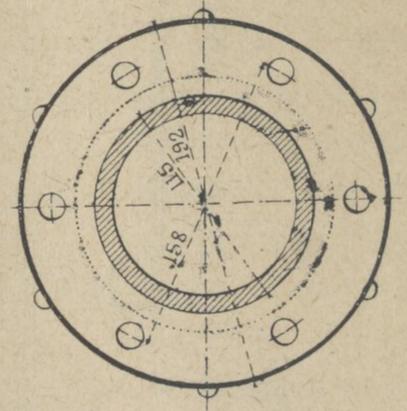


Fig. 17. — ADMISSION DIRECTE AU RÉSERVOIR INTERMÉDIAIRE.

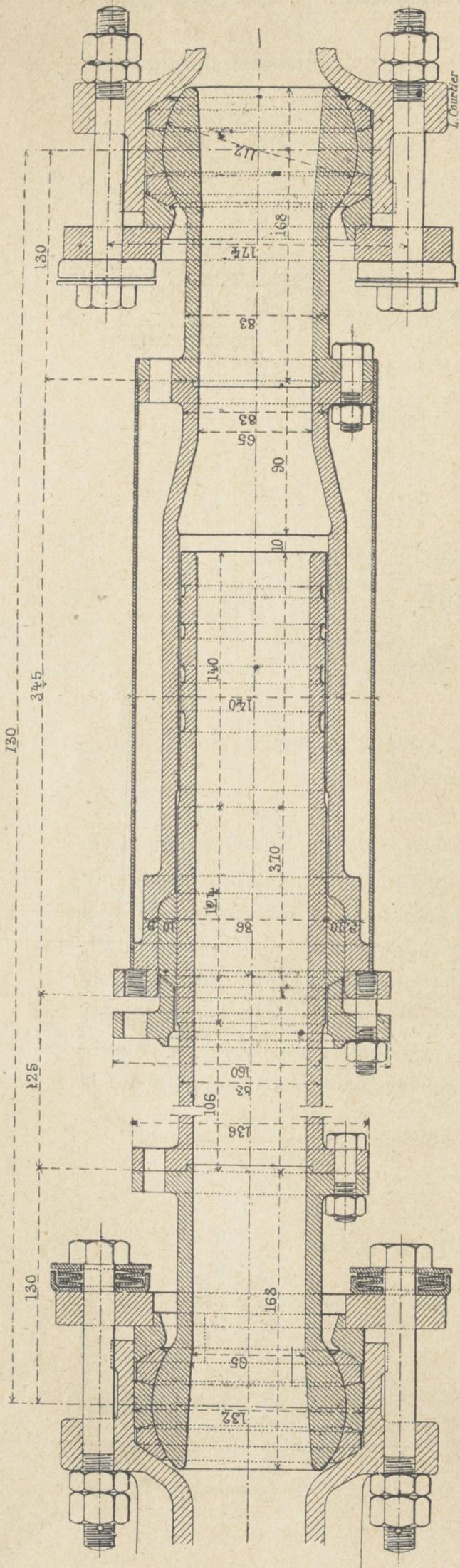


Fig. 18.

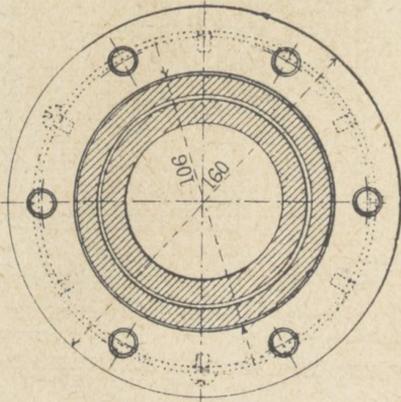


Fig. 19.

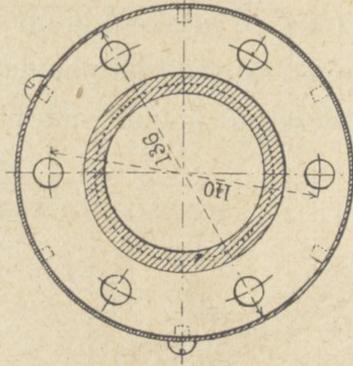


Fig. 20.

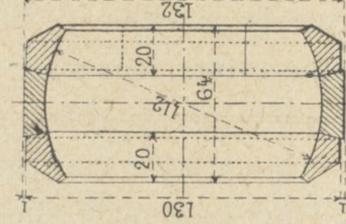


Fig. 21,

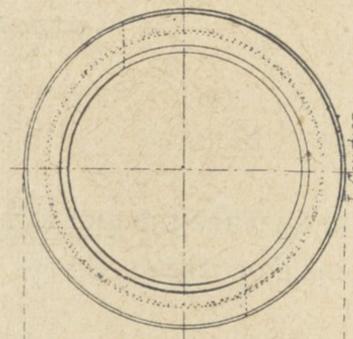


Fig. 22.

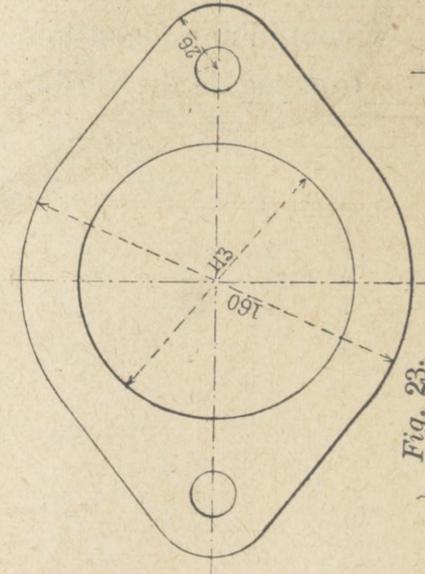


Fig. 24.

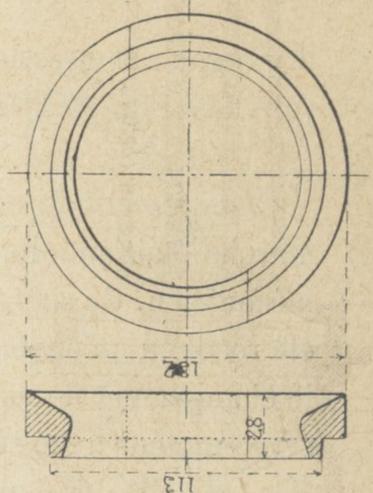


Fig. 25.

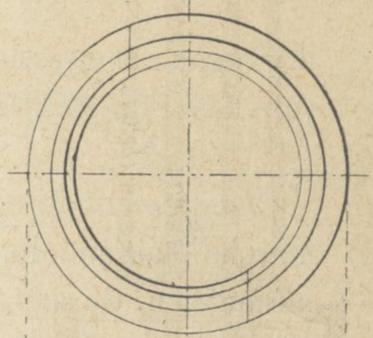
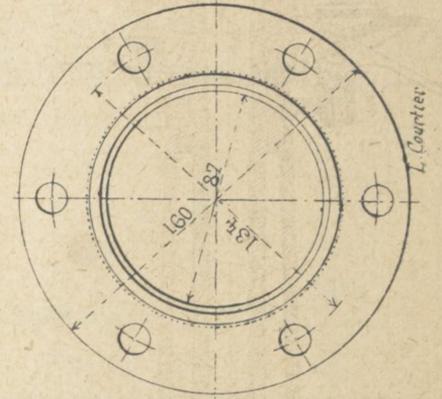


Fig. 26.



Fig. 27.



ENSEMBLE DE LA COMMANDE DES CHANGEMENTS DE MARCHE.

Fig. 28.

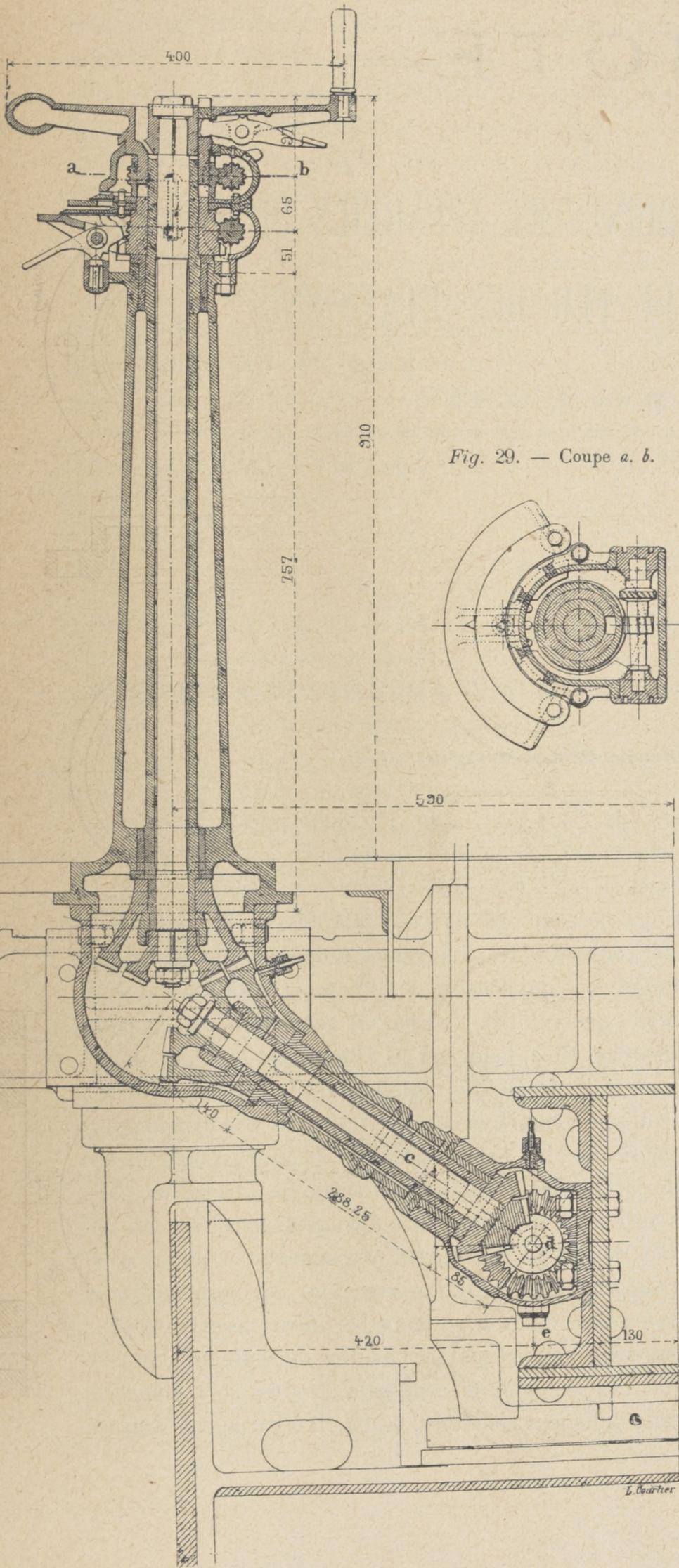


Fig. 29. — Coupe a. b.

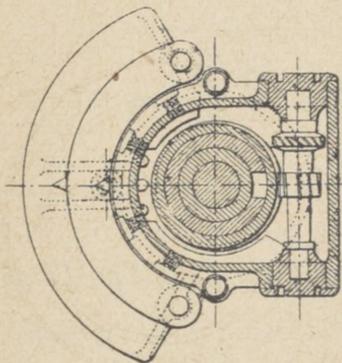


Fig. 30.

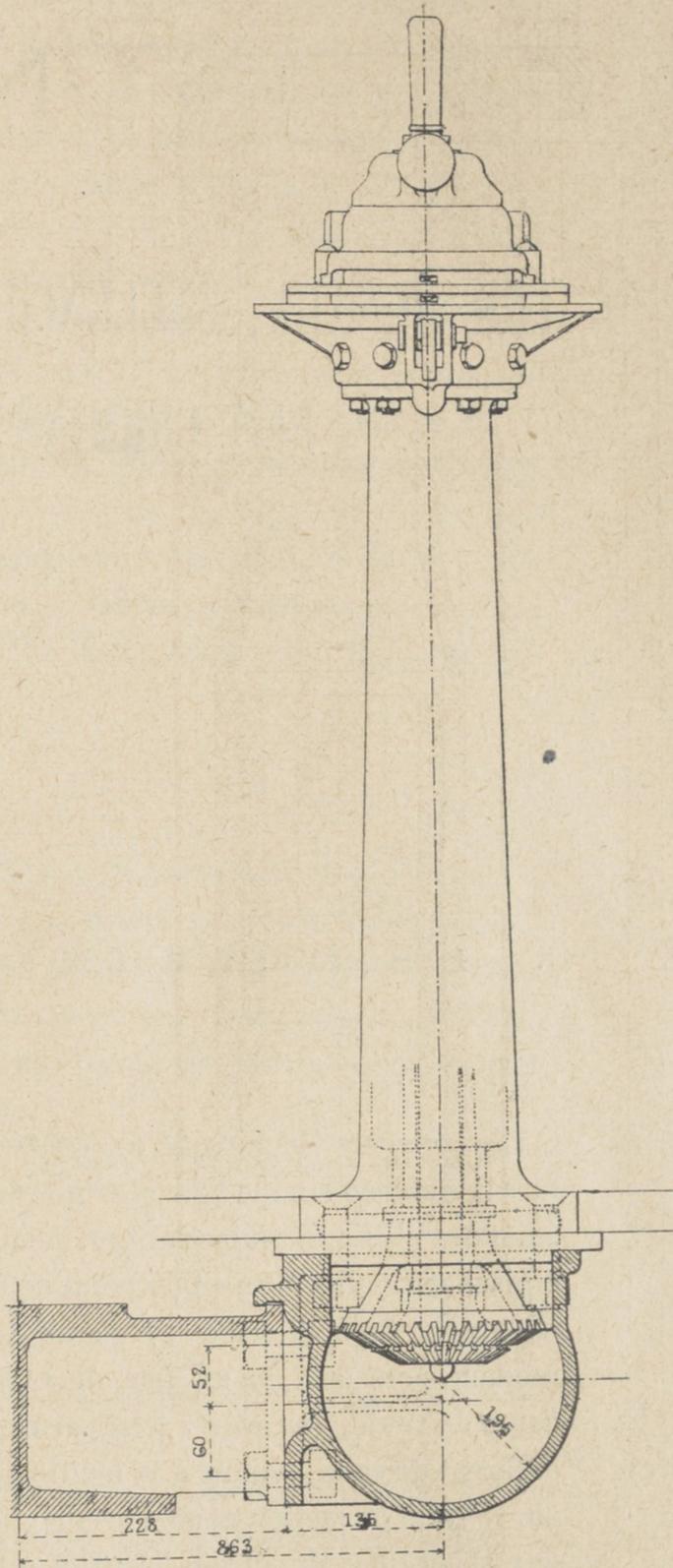
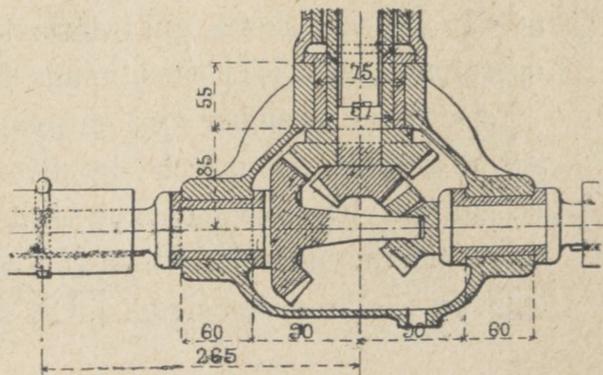
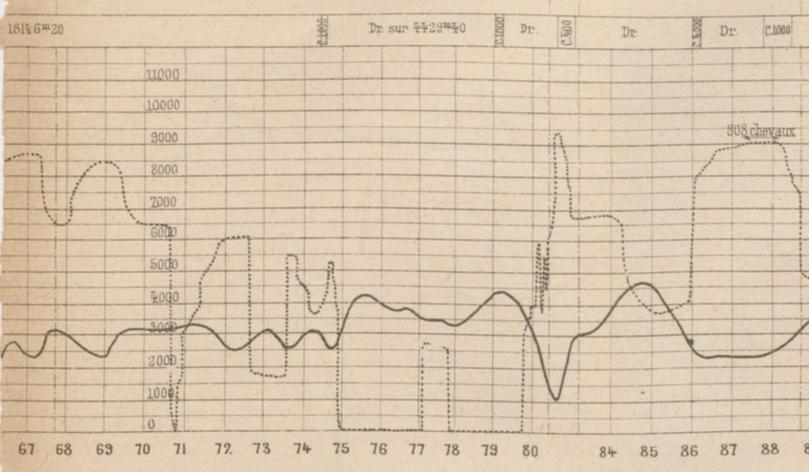
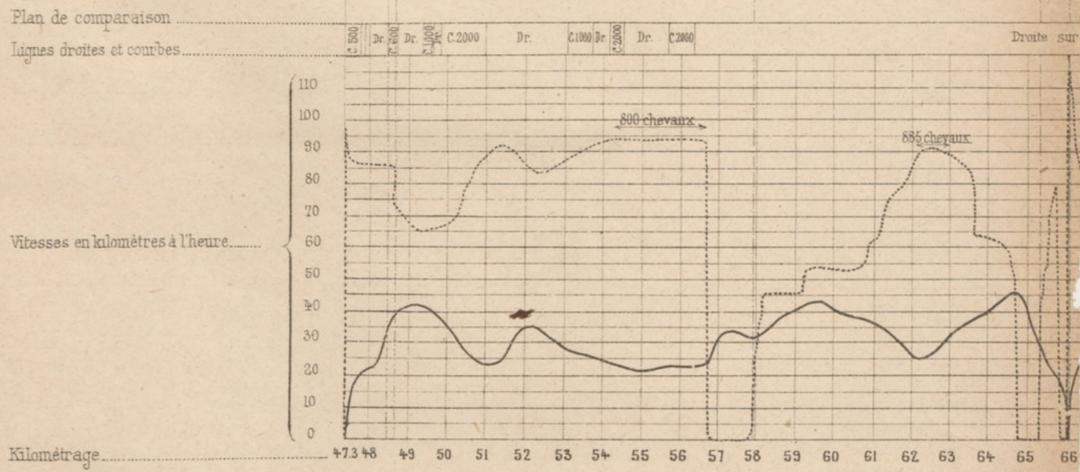
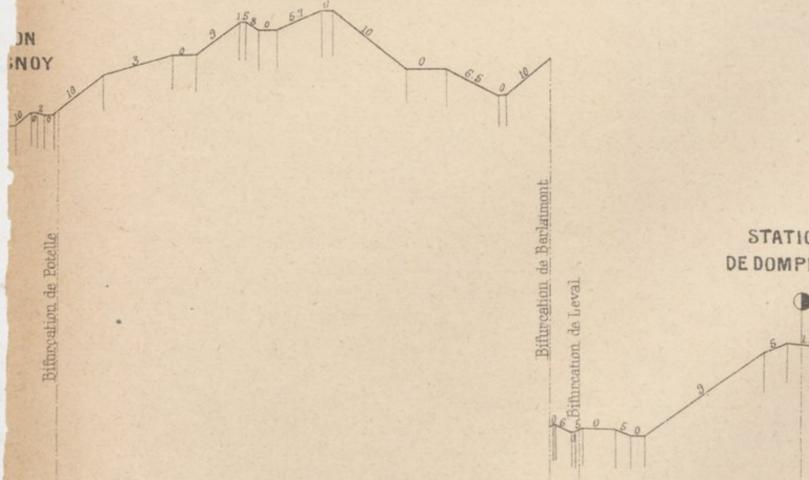
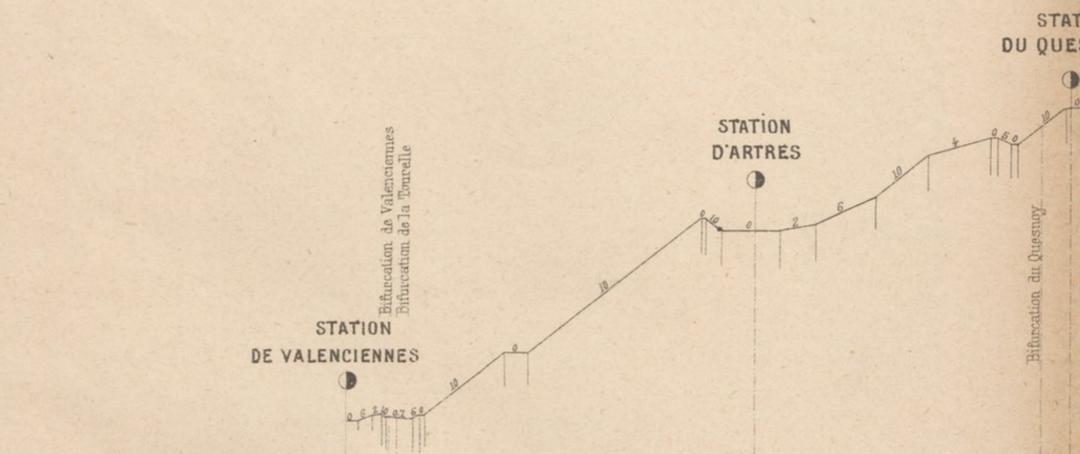


Fig. 31. — Coupe c. d. e.

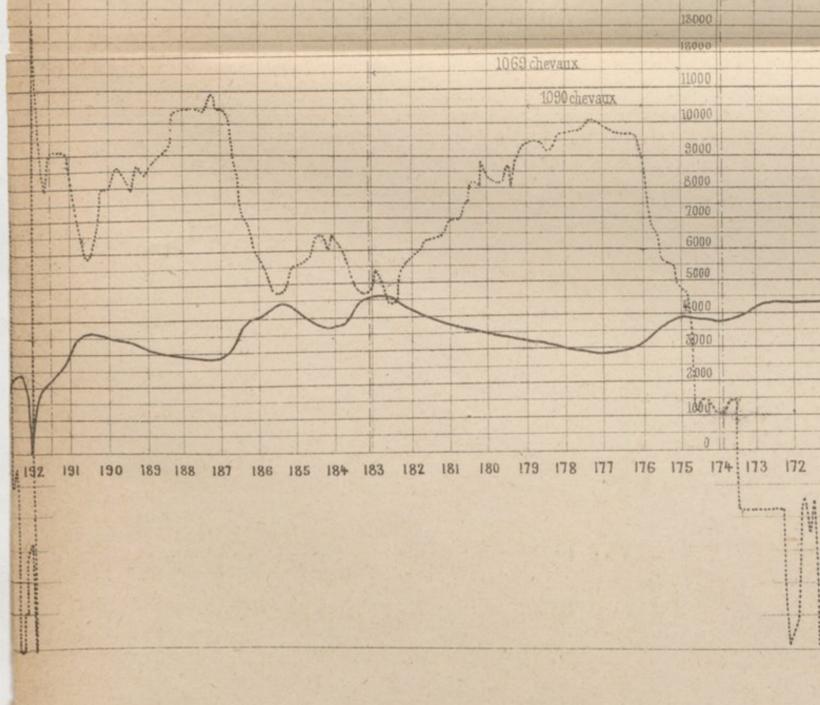
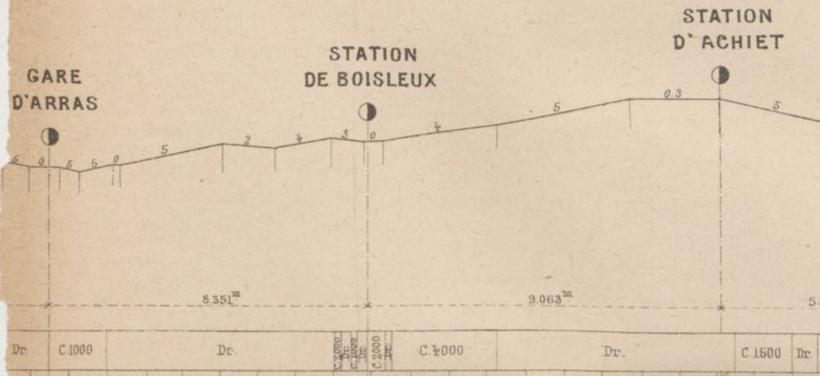
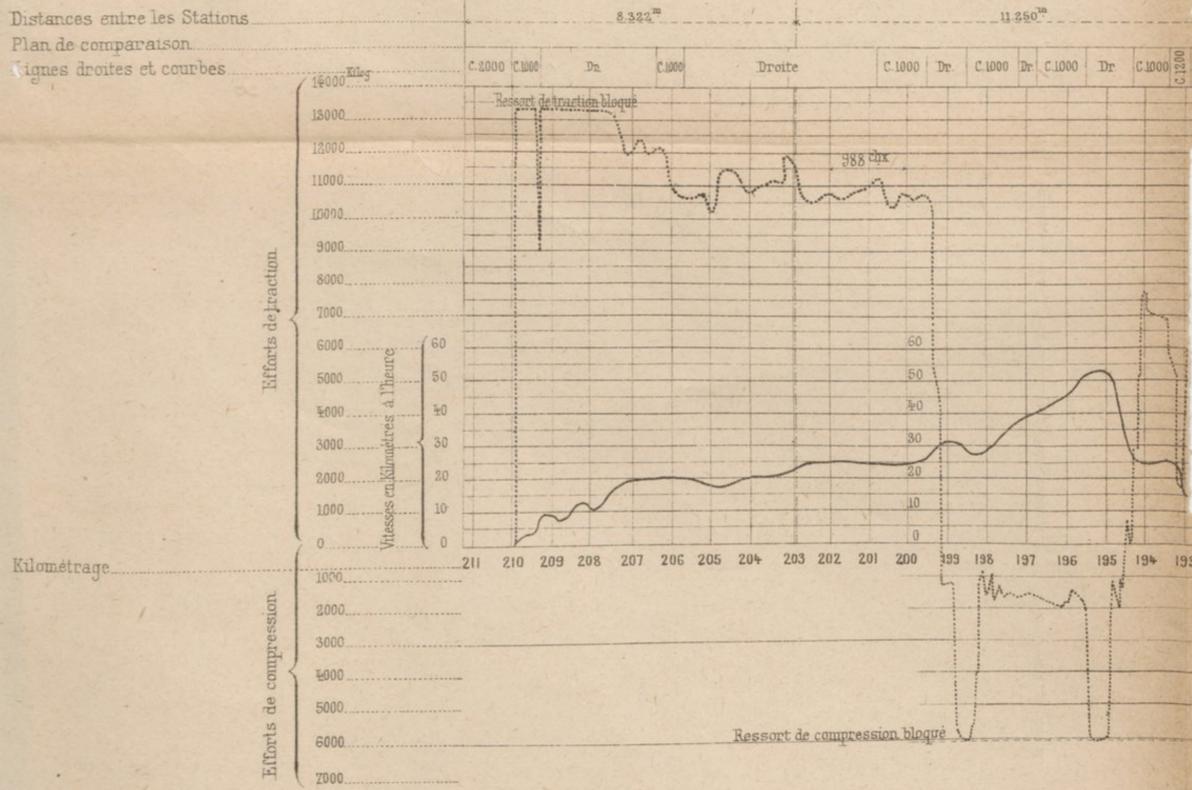
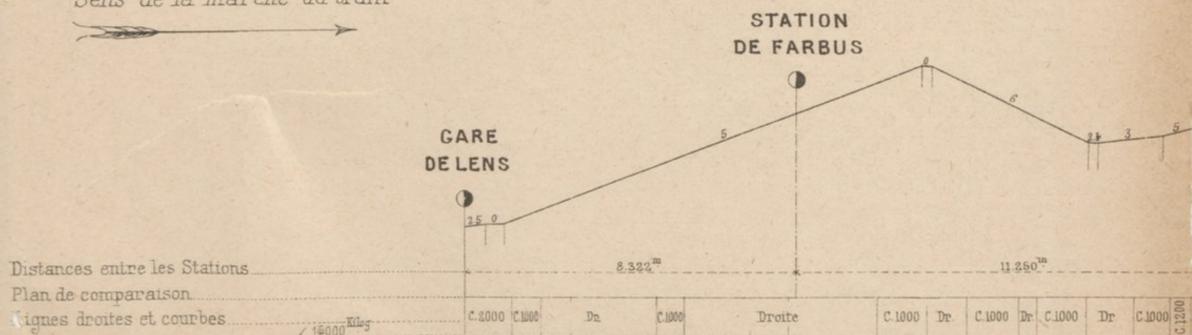
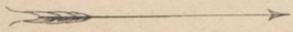


LOCOMOTIVE 6.122. — Train de 969^{tonnes} 5, char
entre Valenciennes et Hirson



LOCOMOTIVE 6.124. — Train de 1450^{tonnes}, char
entre Lens et Paris - La Plaine

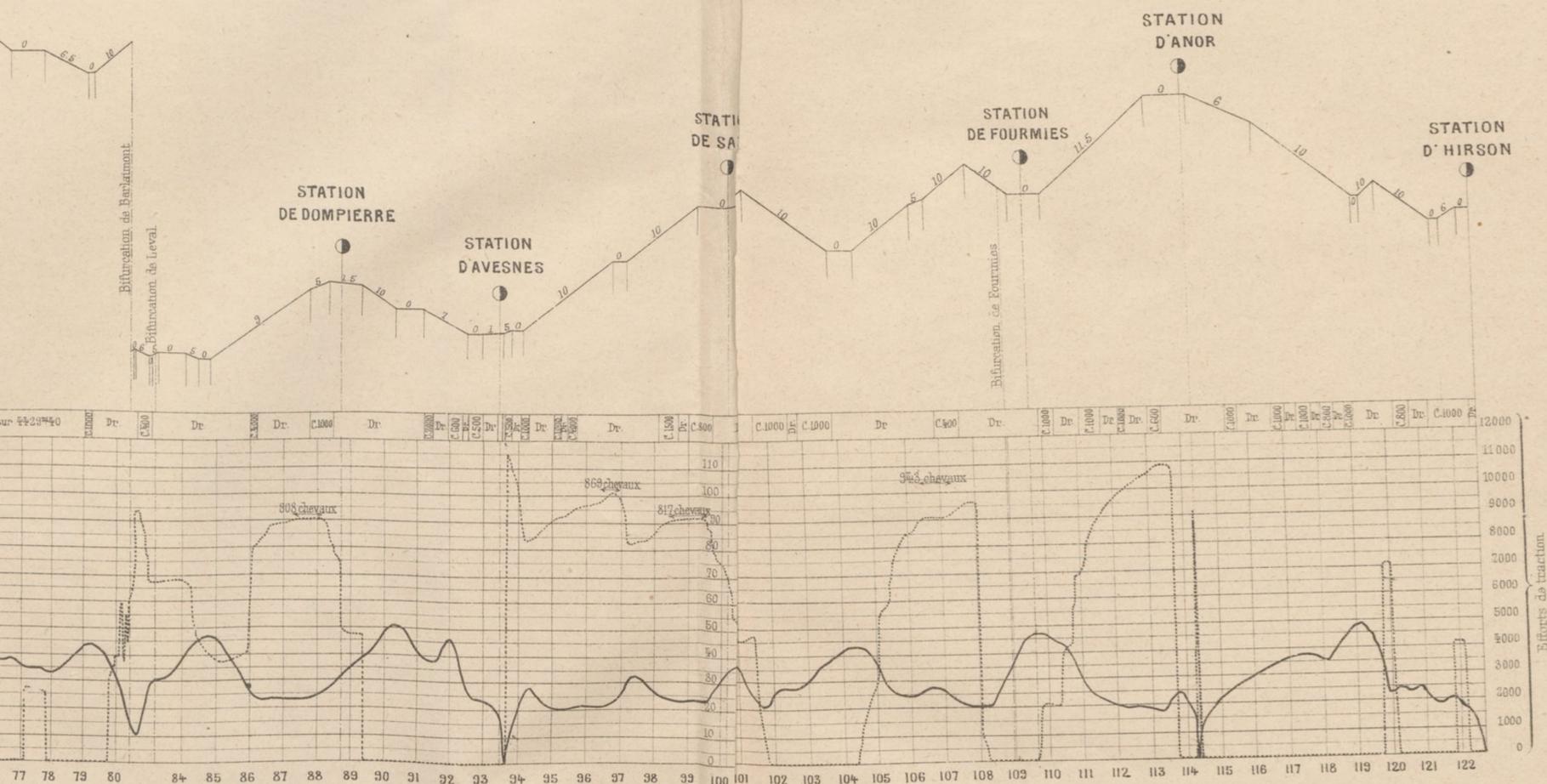
Sens de la marche du train



— Vitesses en kilomètres à l'heure.
- - - - - Efforts au crochet de traction de la locomotive.
Les puissances en chevaux indiquées sont les puissances moyennes au cro

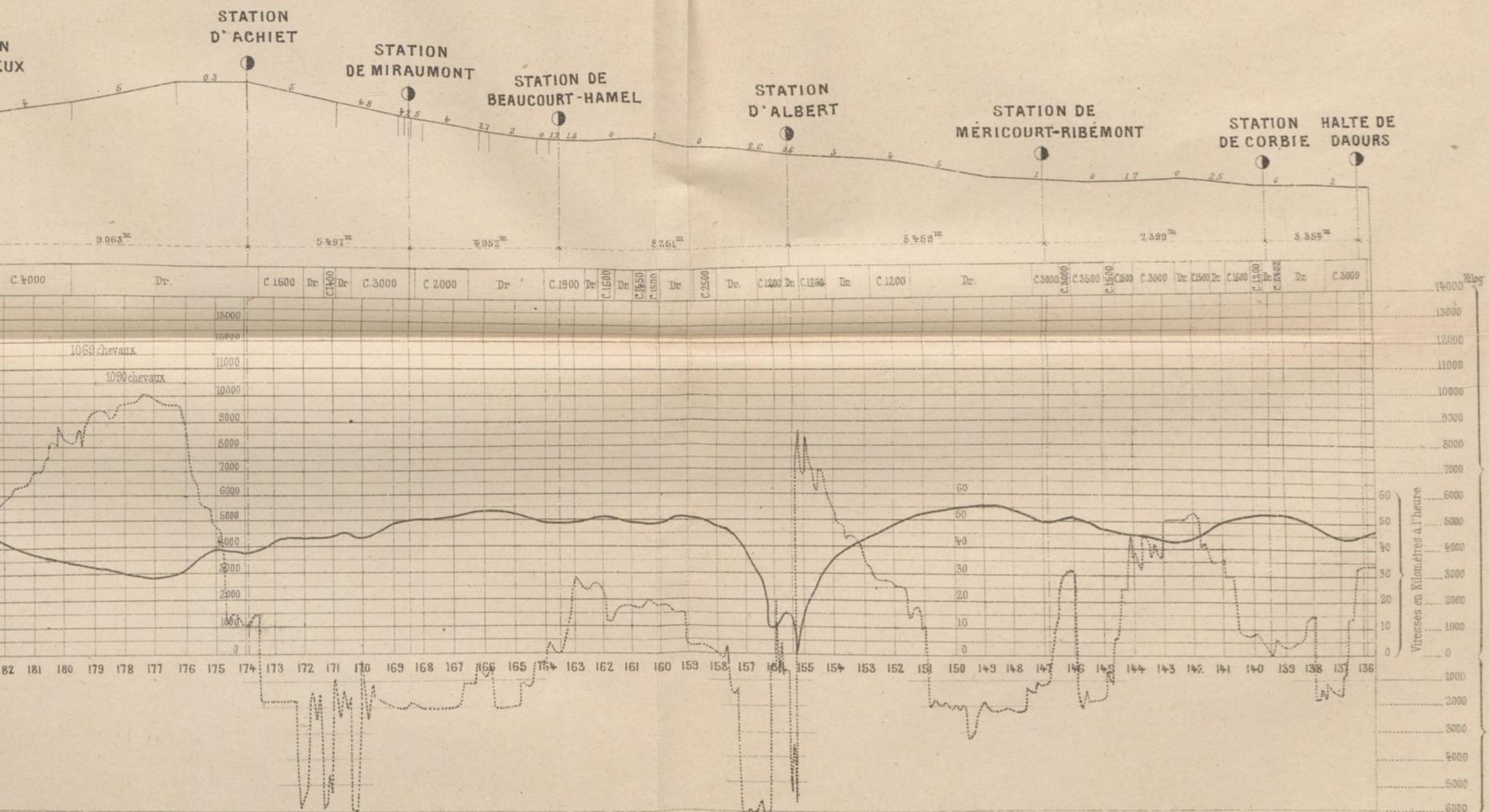
122. — Train de 969^{Tonnes} 5, charge utile 640^{Tonnes}

entre Valenciennes et Hirson



24. — Train de 1450^{Tonnes}, charge utile 1000^{Tonnes}

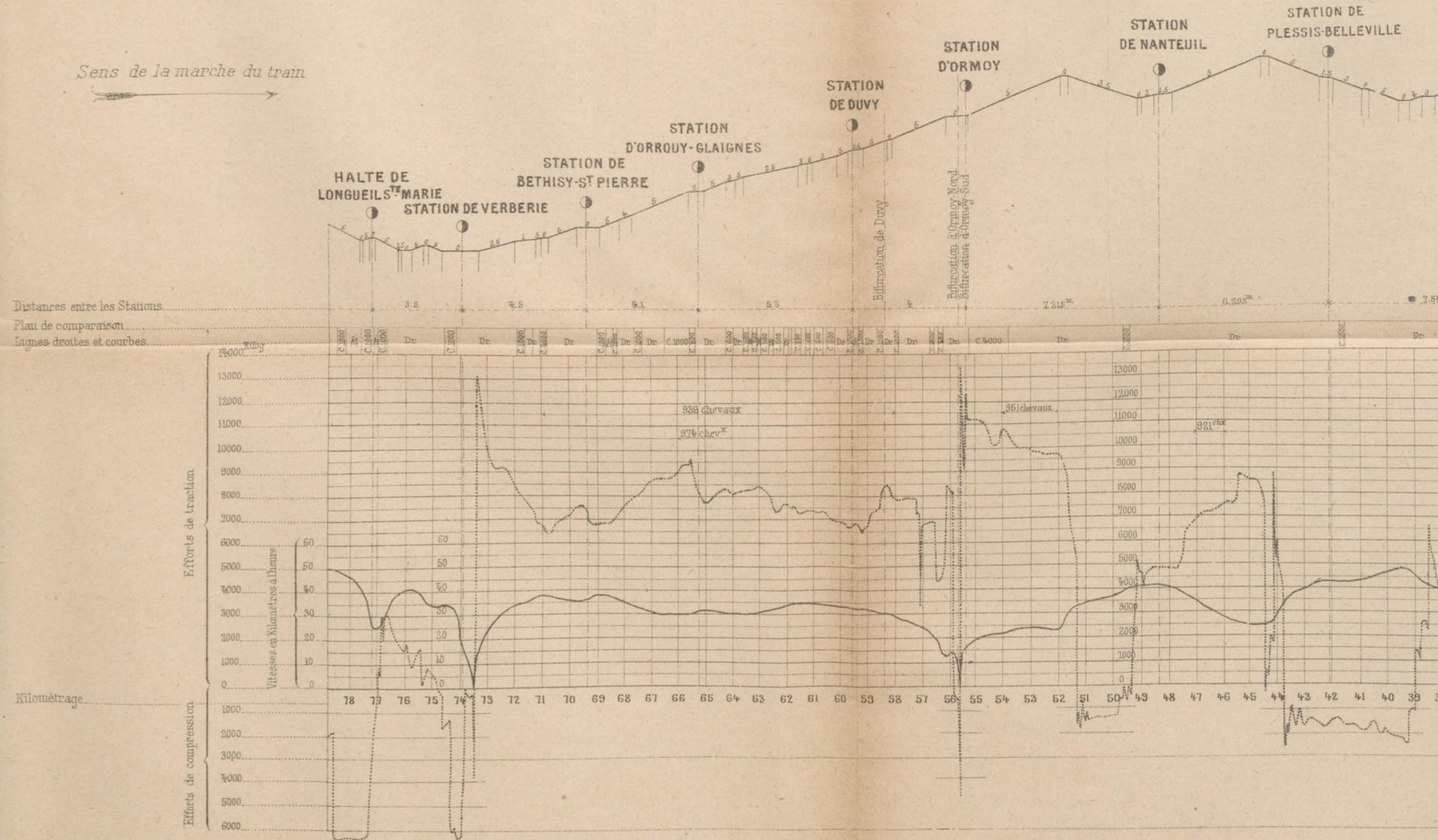
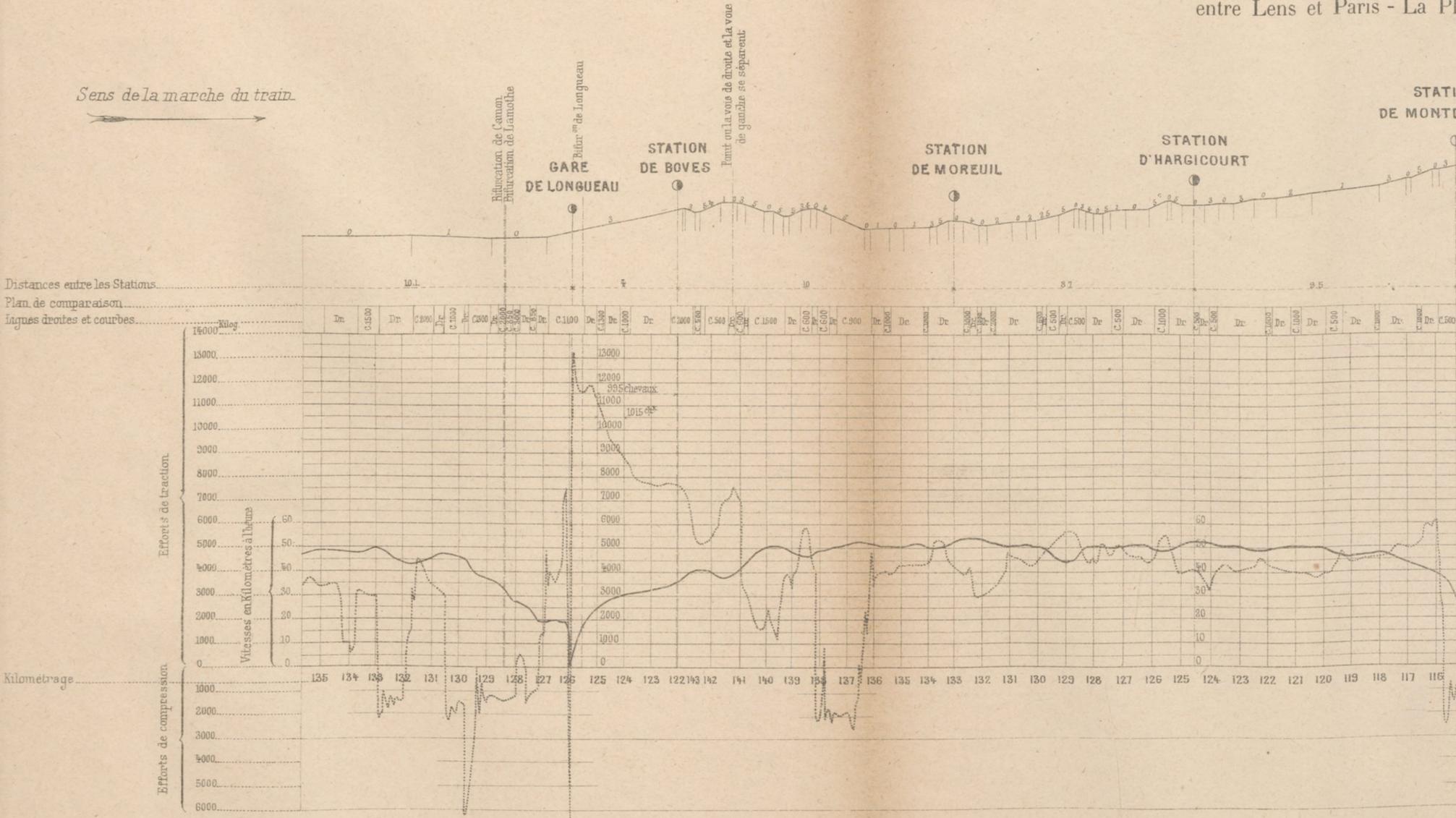
entre Lens et Paris - La Plaine



omètres à l'heure.
 chet de traction de la locomotive.
 és sont les puissances moyennes au crochet de traction de la machine.

LOCOMOTIVE 6.124. — Train de 1450^{tonnes}, ch

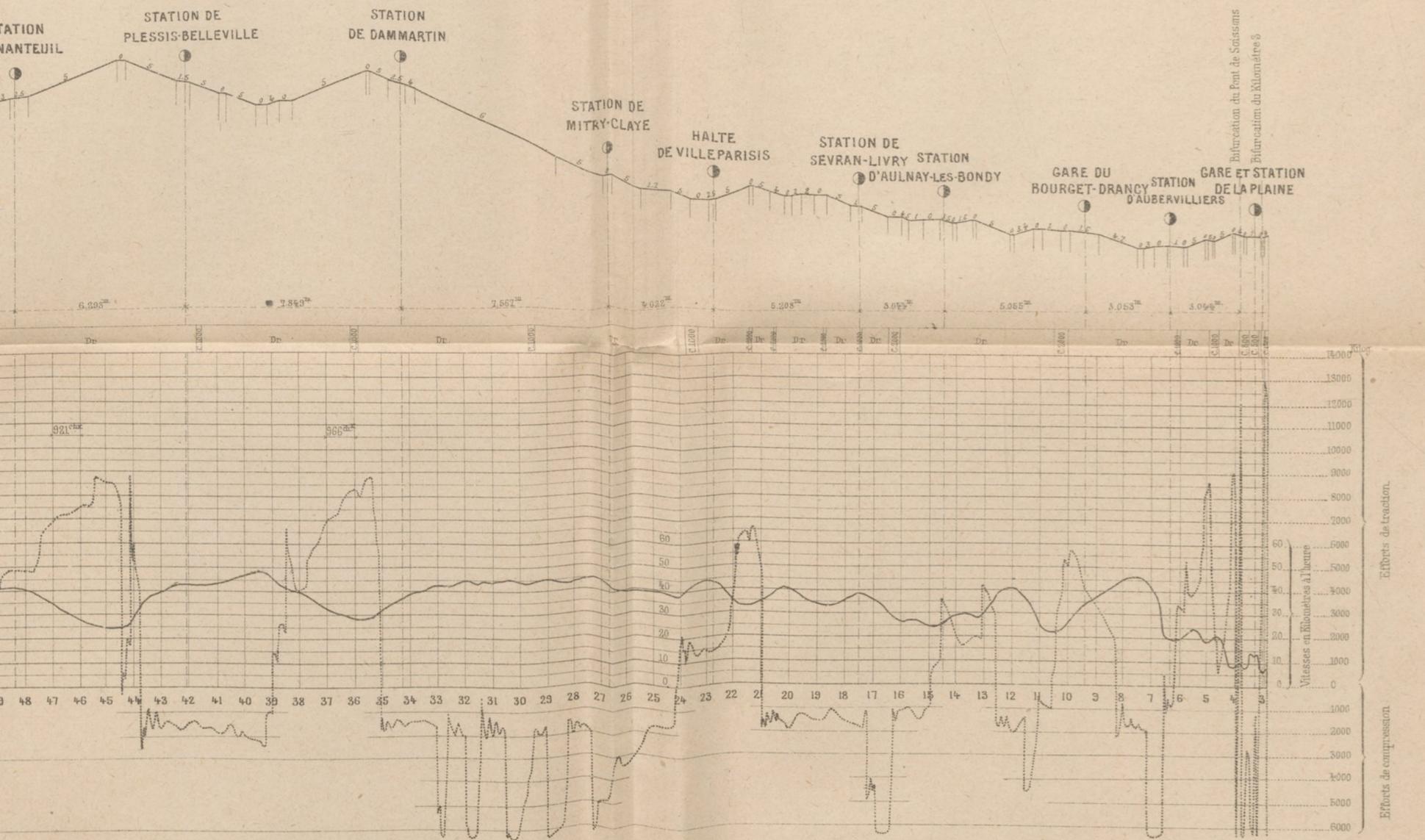
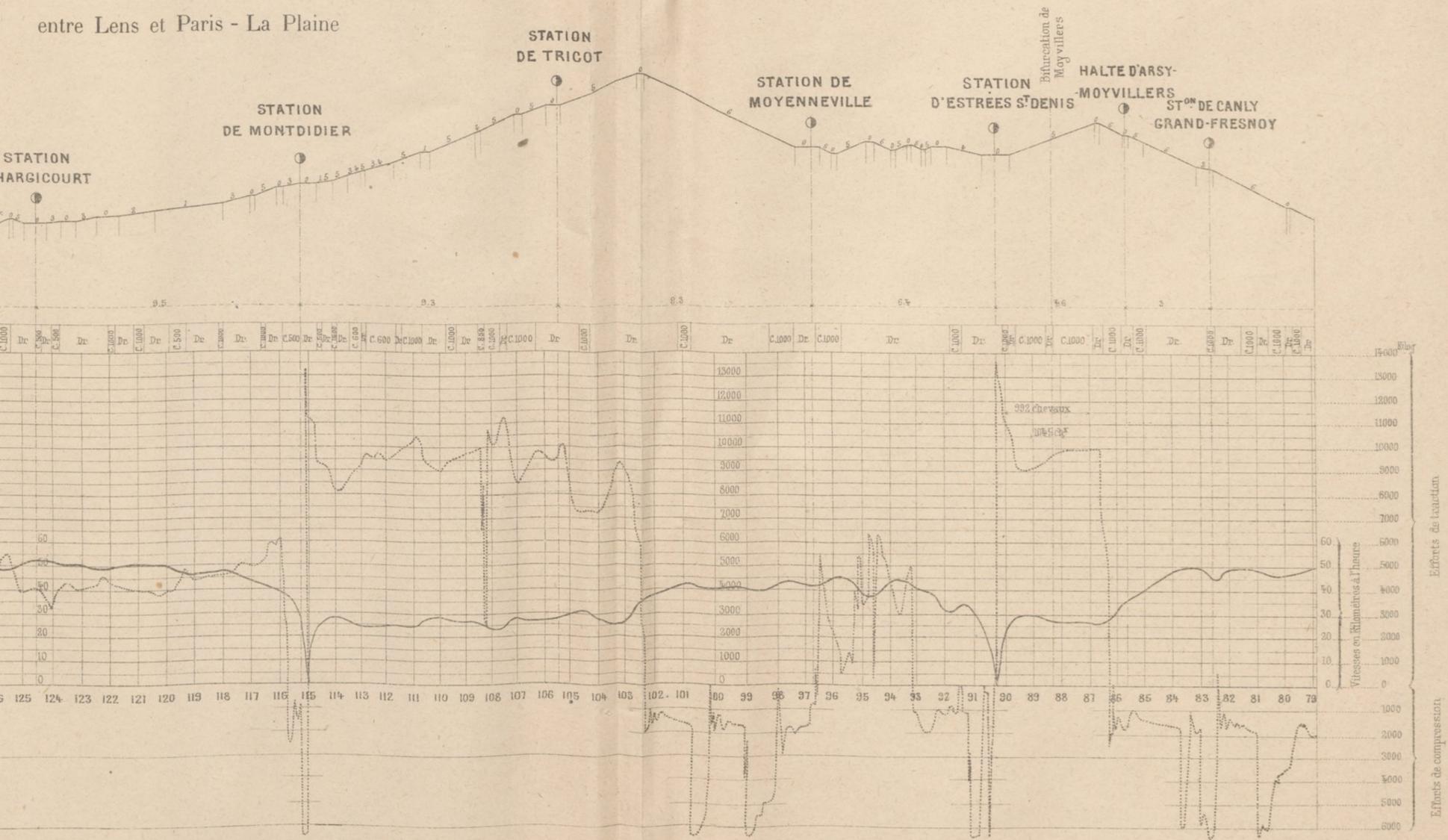
entre Lens et Paris - La Pl



— Vitesse en kilomètres à l'heure.
 Efforts au crochet de traction de la locomotive.
 Les puissances en chevaux indiquées sont les puissances moyennes au cr

124. — Train de 1450^{Tonnes}, charge utile 1000^{Tonnes} (Suite)

entre Lens et Paris - La Plaine



Kilomètres à l'heure.
 Crochet de traction de la locomotive.
 Les courbes sont les puissances moyennes au crochet de traction de la machine.