

NOTE

SUR

la Locomotive Compound à 3 cylindres N^o 3.101 du Chemin de fer du Nord,

Par M. A. PULIN,

SOUS-INGÉNIEUR INSPECTEUR PRINCIPAL DE L'ATELIER CENTRAL.

(Pl. X, — Pl. XI, Fig. 2 et Pl. XII).

La Compagnie du chemin de fer du Nord a mis en service sur son réseau en Janvier 1886 une première locomotive compound construite sur la proposition de la Société Alsacienne de Constructions mécaniques, d'après les études de son Ingénieur M. A. de Glehn. Cette machine affectée au service des trains express est à quatre cylindres, et porte le numéro 701. La *Revue Générale des chemins de fer* a rendu compte d'une manière détaillée des expériences auxquelles la C^{ie} du Nord l'a soumise dès le début de son service, et des quelques modifications qui en ont été la conséquence (1).

Les résultats avantageux fournis par la locomotive 701 ont conduit la Compagnie à poursuivre l'étude de l'application du fonctionnement Compound aux locomotives en créant un type nouveau approprié à un service différent de celui de la locomotive 701.

M. SAUVAGE, Ingénieur principal des ateliers des machines de la C^{ie} du Nord, a été chargé par M. Ed. DELEBECQUE, de l'étude et de l'exécution de cette nouvelle locomotive qui a été construite à l'atelier central de La Chapelle. Il a établi une machine à six roues couplées plus puissante que ne le sont ordinairement celles de ce type, et se distinguent des locomotives à 8 roues couplées par le plus grand diamètre de ses roues. La nouvelle machine Compound, mise en service au 1^{er} Août 1887 porte le numéro 3.101; elle est à trois cylindres, dont un intérieur pour la haute pression et deux extérieurs pour la basse pression (2). Afin de bénéficier de la plus grande expansion que le système Compound permet de réaliser, et en même temps pour expérimenter les pressions élevées, la pression adoptée est celle de 14^{kg} pour le timbre de la chaudière; de plus, afin d'éviter certains inconvénients constatés sur la locomotive N^o 701, on a étudié pour le cylindre de haute pression une distribution spéciale à deux tiroirs superposés, qui donne aussi la faculté de transformer la locomotive 3.101 en machine ordinaire par l'admission directe de la vapeur de la chaudière dans les cylindres extérieurs ou de basse pression. Les trois cylindres entraînent la même paire de roues.

(1) Numéros de Mai et de Juin 1887.

(2) Cette locomotive a été envoyée par la C^{ie} du chemin de fer du Nord à l'Exposition Universelle de 1889, ainsi que les locomotives compound N^o 701 et à 4 cylindres en tandem qui ont été déjà décrites dans la *Revue Générale* dans les N^{os} rappelés ci-dessus pour la première et dans le N^o de Novembre 1888 pour la seconde.

La Pl. X est la reproduction de celle publiée dans le N^o de Mai 1889 du Bulletin de la *Société des Ingénieurs civils*, à l'appui d'un mémoire de M. PULIN sur les *Locomotives compound*.

Les Pl. XI et XII sont extraites de la *Notice sur le matériel et les objets présentés par la Cie du chemin de fer du Nord à l'Exposition Universelle de 1889*.

TABLEAU A. — CONDITIONS PRINCIPALES D'ÉTABLISSEMENT DE LA LOCOMOTIVE COMPOUND 3.101.

CHAUDIÈRE.		CHASSIS ET ROUES.		MÉCANISME.		HAUTE PRESSION.	BASSE PRESSION.			
GRILLE.....	Longueur horizontale.....	2, 174	Longueur totale du châssis, tampons compris.....	10 ^m , 400	Écartement d'axe en axe.....	»	2 ^m , 100			
	Largeur.....	0, 962	Longueur totale du longeron.....	9, 398		Diamètre.....	0 ^m , 432	0, 500		
FOYER.....	Surface.....	2 ^m 2, 091	Écartement intérieur des longerons.....	1, 220	Course des pistons.....	0, 700	0, 700			
	Longueur intérieure en haut.....	2 ^m , 130	Hauteur des longerons au-dessus des rails.....	1, 400	Inclinaison sur l'horizontale.....	1/10 ^e	0			
	Largeur d° en bas.....	1, 046	Hauteur du dessus du longeron à l'axe de la chaudière.....	0, 825	Section du tuyau de prise de vapeur.....	9503 ^m /m ²	9503 ^m /m ²			
	Largeur d° en haut.....	0, 962	Longueur de la traverse d'avant.....	2, 780	D° d'échappement.....	9503 ^m /m ²	17671 ^m /m ²			
BOÎTE A FEU EXTÉRIÈRE...	Hauteur du { au-dessus du cadre.....	1, 530	Hauteur des tampons d'avant au-dessus des rails.....	0, 980	Longueur d'axe en axe.....	2 ^m , 120	2 ^m , 120			
	ciel du foyer { à l'axe de la chaudière.....	0, 200	DIAMÈTRE DES ROUES AU CONTACT..	1, 010		Tourillons des {	0, 078	0, 090		
CORPS CYLINDRIQUE.	Longueur.....	2, 400	1 ^{er}	1, 010	petites têtes.. {	0, 075	0, 095			
	Largeur en haut.....	1, 432	2 ^e , 3 ^e et 4 ^e	1, 650	Rapport de la longueur de la bielle motrice à la manivelle	6	6			
TUBES.....	Largeur en bas.....	1, 176	1 ^{er} au 2 ^e	2, 530	Inclinaison des tiroirs sur l'axe des cylindres.....	0	0			
	Diamètre intérieur moyen.....	1, 346	2 ^e au 3 ^e	2, 100	Angle d'avance... {	49°	0			
SURFACE DE CHAUFFE	Épaisseur des tôles.....	0, 018	3 ^e au 4 ^e	2, 000	Tiroir.....	118°	0			
	Hauteur de l'axe au-dessus des rails...	2, 225	Écartement des essieux extrêmes.....	6, 630	Taquet.....	0 ^m , 040	0 ^m , 0935			
RAPPORTS..	Nombre.....	208	DIAMÈTRE DES ESSIEUX AU CORPS...	0, 150	Rayon d'excentricité.....	1, 1675	1, 090			
	Diamètre extérieur.....	0 ^m , 045	1 ^{er}	0, 150	Longueur des barres. {	1, 005	»			
TIMBRE DE LA CHAUDIÈRE EN KILOGRAMMES.	Longueur entre les plaques tubulaires.	4, 000	2 ^e et 4 ^e	0, 160	Longueur des lumières (admission, échappement).....	»	0, 340			
	du foyer.....	9 ^m 2, 30	3 ^e	0, 200	LARGEUR DES LUMIÈRES.....	»	0, 045			
SOUPAPES. —	des tubes à l'intérieur.....	104 ^m 2, 50	1 ^{er}	1, 100	RECOURVEMENT TOTAL DES TIROIRS..	»	0, 070			
	totale.....	113 ^m 2, 80	2 ^e et 4 ^e	1, 100	Effort de traction maximum théorique (en compound). D° coefficient de 0.65.....	»	0, 054			
CHEMINÉE..	Surface de tubes chauffés à celle de la grille..	11, 2	3 ^e	1, 100	Poids DE LA MACHINE.....	»	9, 440 kg.			
	Hauteur au-dessus des rails.....	54, 4	DIAMÈTRE DES ESSIEUX.....	0, 150	Vide.....	»	6, 130			
BOÎTE A FUMÉE...	Surface de chauffe à celle de la grille..	14 Kg	1 ^{er}	0, 250	En charge.....	»	43. 650			
	Timbre de la chaudière en kilogrammes.....	14 Kg	2 ^e et 4 ^e	0, 170	1 ^{er} essieu.....	»	47. 400			
CAPACITÉ DE LA CHAUDIÈRE.	Diamètre.....	0 ^m , 054	3 ^e	0, 200	2 ^e essieu.....	»	6. 800			
	Diamètre intérieur... { en bas.....	0, 420	TOURILLONS DES MANIVELLES	0, 250	3 ^e essieu.....	»	13. 400			
RAPPORTE DE LA SURFACE DE GRILLE À LA SECTION DE LA CHEMINÉE.....	Longueur intérieure... { en haut.....	0, 480	DIAMÈTRE DES ESSIEUX.....	0, 145	4 ^e essieu.....	»	14. 000			
	Hauteur au-dessus des rails.....	4, 175	Longueur.....	0, 140	Poids utile pour l'adhérence.....	»	13. 200			
BOÎTE A FUMÉE...	Surface de la chaudière en kilogrammes.....	13	Longueur.....	0, 095	Rapport du poids adhérent à l'effort de traction pratique.	»	40. 600			
	Diamètre intérieur.....	1, 400	DIAMÈTRE DES MANIVELLES	0, 086	RESSORTS DE SUSPENSION.	»	6, 6			
CAPACITÉ DE LA CHAUDIÈRE.	Longueur intérieure.....	0, 830	BIELLES D'ACCOUPLLEMENT... {	0, 150	FEUILLES. Nombre Dimensions.	Étage- ment.	Rayon de fabrica- tion.	Flèche de fabrica- tion.	Corde de fabrica- tion.	Charge d'épreuve.
	Eau 10 ^{cm} au-dessus du ciel du foyer...	4 ^m 3, 430	2 ^e	0, 100						
Vapeur.....	2 ^m 3, 190	3 ^e	0, 120	12	90/12	2,000	0,065	0,985	8,640 kg	
Totale.....	6 ^m 3, 620	4 ^e	0, 350							1 ^{er} essieu.....
				2 ^e , 3 ^e et 4 ^e essieux.....						

Ce sont là les particularités essentielles de la nouvelle machine qui est représentée Pl. X et Pl. XI, Fig. 2, et dont le tableau de la page précédente donne les principales conditions d'établissement.

Cylindres. — Les 3 cylindres, placés transversalement sur la même ligne, (Pl. X, Fig. 2), attaquent le second essieu couplé; le coude manivelle, actionné par le cylindre intérieur de haute pression, est dirigé suivant la bissectrice de l'angle droit formé par les manivelles motrices que commandent les cylindres extérieurs de basse pression.

La distribution de ces derniers est du système Walschaert avec changement de marche ordinaire à vis; les tiroirs sont à pression réduite et portent le canal de Trick; les plateaux de boîtes à vapeur, en raison de leur grande surface et de la pression élevée qu'ils supportent lorsque la vapeur de la chaudière est admise directement dans ces boîtes, ont été construits en fer forgé. Le diamètre du cylindre de haute pression, qui était primitivement de $460^m/m$, a été réduit à $432^m/m$ (diamètre des cylindres des locomotives de grande vitesse), par l'application d'une chemise en fonte laissant, entre son pourtour extérieur et l'intérieur agrandi du cylindre primitif, un espace libre dans lequel on peut admettre la vapeur de la chaudière, cette enveloppe ayant pour objet d'éviter la condensation qui aurait pu se produire à l'intérieur du cylindre, par suite du contact de ses parois avec la vapeur à pression moyenne, renfermée dans le réservoir intermédiaire. Ce réservoir est formé par des chambres qui existent de part et d'autre du cylindre intérieur et font corps avec lui; elles communiquent avec les boîtes à vapeur des cylindres de basse pression par des tubulures, comme on peut le voir sur le plan d'ensemble, côté gauche (Pl. X, Fig. 5).

Chaudière. — Le foyer est muni d'une voûte en briques réfractaires, (Pl. X, Fig. 1 et 3); les soupapes de sûreté, placées à l'arrière, sont toutes deux à pression directe, et l'une seulement est du système Adams. Les injecteurs du système Friedmann ont l'un $10^m/m$ de diamètre et l'autre $7^m/m$ selon l'usage adopté à la Compagnie du Nord. L'essieu d'arrière est placé au-dessous et au milieu de la longueur du foyer. L'échappement est fixe; son diamètre qui était primitivement de $140^m/m$ a été amené, par réductions successives, à $107^m/m$ seulement.

Châssis et Freins. — L'essieu d'avant est radial et ses boîtes à graisse sont du système Ed. Roy, (Pl. X, Fig. 1 et 2). La machine est munie d'un frein à vapeur, dont le cylindre est placé sous la plateforme du mécanicien et qui

agit sur 8 sabots en fonte dont 4 appliqués aux roues du 3^e et du 4^e essieu, et 4 appliqués aux roues du tender, et des appareils moteurs du frein à vide agissant sur le train.

Freins à vide et à vapeur. — Une prise de vapeur spéciale permet de mettre ces freins en action simultanément ou séparément. La boîte électrique de déclenchement, dont la machine est munie, comme toutes celles de la Compagnie du Nord qui font le service des voyageurs, ouvre automatiquement la prise de vapeur du frein à vapeur, lorsqu'un disque placé à l'arrêt provoque son déclenchement.

Distribution du cylindre intérieur à haute pression. — Les expériences faites sur la locomotive compound à 4 cylindres n^o 701 (1) ont montré que la compression excessive de la vapeur dans les cylindres de haute pression était à la fois une cause de perte de force et un obstacle au roulement facile à grande vitesse. On a corrigé ce défaut en modifiant les tiroirs et en agrandissant les espaces libres.

Pour éviter sur la locomotive 3.101 une compression exagérée, d'autant plus à craindre qu'on devait marcher avec une pression plus élevée au réservoir intermédiaire, on a employé une distribution spéciale à deux tiroirs (Pl. XII, Fig. 1 à 4) qui, en limitant la durée de la compression, permet d'éviter l'inconvénient signalé.

Cette distribution n'a pas de coulisse; le tiroir proprement dit, commandé par un excentrique, a une course invariable et donne une admission constante; il porte à ses extrémités deux lumières qui traversent son épaisseur en changeant de direction; leurs bords, perpendiculaires à l'axe du cylindre sur la face en contact avec la table de celui-ci, présentent, sur le dos du tiroir, une inclinaison de $\frac{1}{2}$ par rapport à la première direction. Le second tiroir, ou taquet de distribution, qui se meut sur le dos du premier est plein; il est également commandé par un excentrique, et l'inclinaison de ses bords correspond à celle des lumières extérieures du tiroir principal. Comme dans toutes les distributions analogues, la seule fonction du taquet est de couper l'admission, mais la distribution de la locomotive N^o 3.101, qui est établie d'après le principe de la détente Meyer, a cela de particulier qu'on fait varier l'admission sans changer la course du tiroir ni celle du taquet; le moyen employé consiste à déplacer le tiroir transversalement, à l'aide d'un

(1) Voir *Revue Générale*, N^{os} de Mai et de Juin 1887.

mouvement de renvoi figuré sur l'ensemble (Pl. XI, Fig. 2) et commandé par un levier qui se meut sur un secteur à crans le long de la tôle de rampe. Par suite de ce déplacement transversal, et en raison de l'obliquité des lumières mentionnée ci-dessus, le taquet, dont l'excentrique de commande est calé à 180° par rapport à la manivelle motrice, se trouve, au commencement de la course du piston, d'autant plus rapproché de la lumière qu'il doit fermer, que le tiroir est plus reporté vers la droite de la machine, ce qui correspond aux faibles admissions. La division d'une même lumière en deux parties, dans le sens de la longueur, a pour objet de réduire beaucoup les dimensions du tiroir et du taquet. Afin de faciliter l'introduction de la vapeur dans les lumières du tiroir, on a pratiqué sur la glace pleine du taquet des évidements qui augmentent, à la fin de l'admission, la section réelle de passage à la manière du canal de Trick.

Pour satisfaire aux conditions qui viennent d'être indiquées, le tiroir est monté dans deux cadres, le premier, le plus rapproché du cylindre, le conduit à la manière ordinaire, et il est allongé dans le sens transversal; le second placé en dessous sert à opérer le déplacement, et se trouve allongé dans le sens longitudinal d'une quantité égale à la course.

Une autre particularité de cette distribution consiste dans l'obliquité des bords de la lumière d'échappement et de ceux de la coquille du tiroir. Cette obliquité fait varier l'étendue des recouvrements intérieurs lorsqu'on déplace le tiroir en travers pour changer l'admission, ce qui a permis de restreindre à volonté l'importance de la compression.

Lorsqu'on déplace le tiroir vers la gauche, l'admission augmente et la distribution continue à se faire dans ce cylindre jusqu'à la position pour laquelle le taquet ne ferme plus les lumières sur le dos du tiroir, mais en ne laissant qu'une très faible ouverture; il y a donc intérêt à ne pas pousser jusqu'à cette limite le degré d'admission pour éviter un laminage prononcé de la vapeur, et une chute de pression trop grande à la fin de l'admission. Enfin, si on amène le tiroir dans sa position extrême vers la droite, la vapeur entre d'une manière permanente dans le cylindre, non seulement par les deux lumières d'admission, mais par la lumière d'échappement qui se trouve constamment découverte sur le côté, de sorte que le piston recevant la pression sur les deux faces se trouve annulé; la vapeur de la chaudière arrive directement aux cylindres extérieurs après avoir passé dans le réservoir intermédiaire, et la machine fonctionne comme une locomotive ordinaire.

Le tiroir et le taquet ont reçu primitivement une même course de 80 m/m , mais les diagrammes ayant montré qu'à tous les degrés d'introduction une

chute de pression trop forte se manifestait pendant l'admission au cylindre de haute pression, on a été conduit à augmenter la course du taquet qui a été portée à 110 m/m .

L'épure de distribution (Pl. XII, Fig. 5) permet d'en étudier les diverses phases et montre en particulier, comment ce changement de course pouvait faciliter l'introduction de la vapeur. La courbe ovale a été tracée à la manière ordinaire pour figurer le mouvement du tiroir; elle indique les positions d'un bord de lumière, les ordonnées représentant à échelle double ses déplacements par rapport à une première position, et les abscisses étant à l'échelle de $\frac{1}{5}$ les déplacements correspondants du piston. Cette courbe donne l'étendue des phases de la distribution autres que l'admission; on voit d'après le tableau accompagnant l'épure que la durée de la compression est toujours très limitée, ce qui tient au peu d'étendue des recouvrements.

Le taquet ayant des extrémités de course concordantes avec celles du piston, son mouvement serait figuré par une ligne droite s'il n'y avait aucune obliquité de bielles; on a tenu compte de ces obliquités pour tracer les courbes dont la distance à celle du tiroir, mesurée dans le sens des ordonnées, donne pour une position quelconque du piston, la distance entre l'arête du taquet et le bord de lumière qu'elle doit rencontrer pour fermer la lumière d'admission. Cette rencontre est figurée par l'intersection des deux courbes.

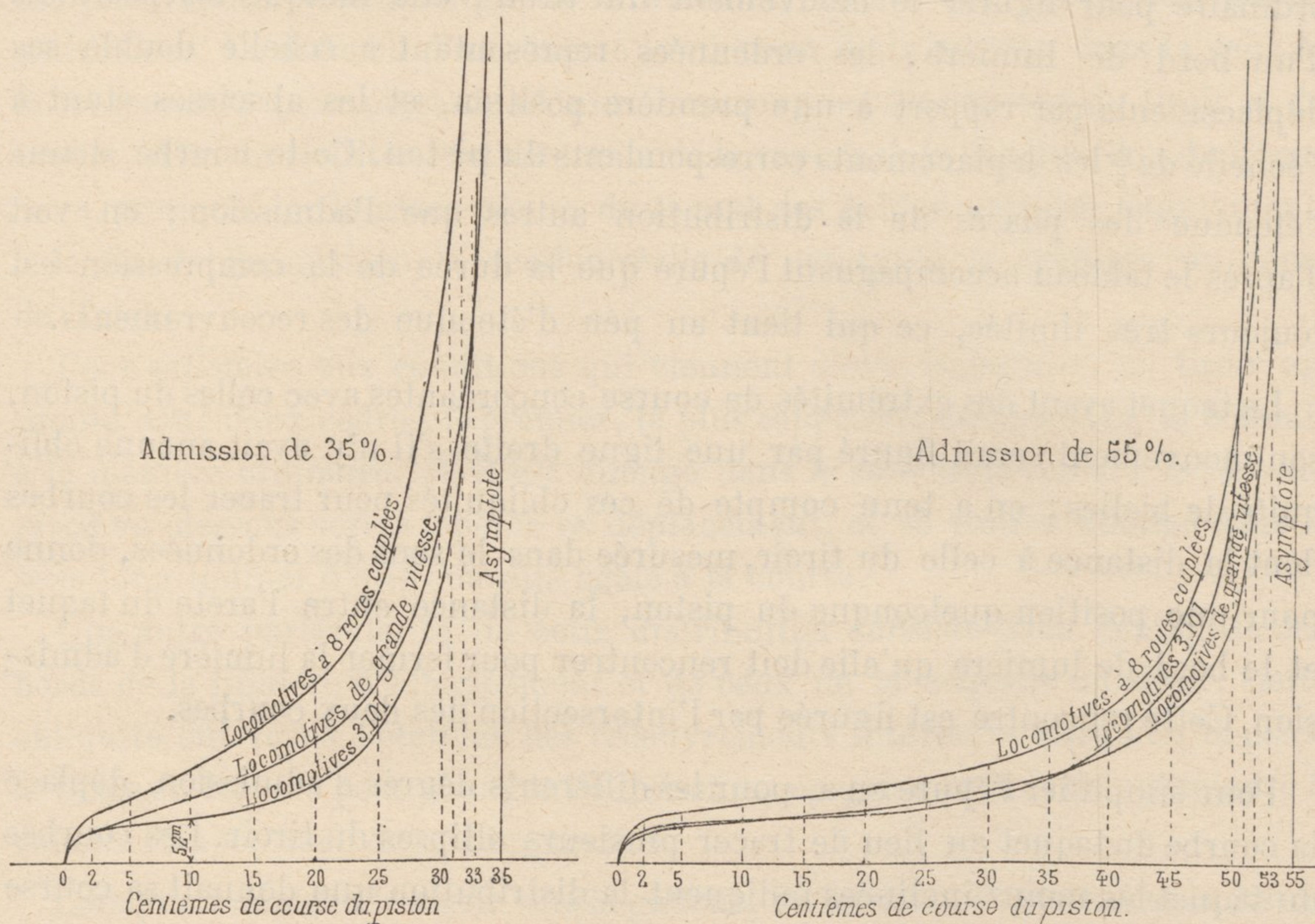
Pour simplifier l'épure on a, pour les différents degrés d'admission, déplacé la courbe du taquet au lieu de tracer plusieurs ellipses du tiroir. Les courbes du taquet les moins inclinées indiquent la distribution que donnait sa course primitive de 80 m/m ; les autres courbes correspondent à la course augmentée, et l'angle plus ouvert sous lequel les intersections se font, dans ce second cas, montre que la fermeture des lumières étant plus rapide, le laminage de la vapeur doit se trouver diminué.

Cette distribution a l'avantage de donner des ouvertures de lumières plus grandes que celles qu'on obtient avec la distribution ordinaire à un seul tiroir, surtout lorsque l'admission est peu prolongée, et l'ouverture maxima se produit au moment où le piston acquiert une vitesse importante. Ainsi, pour la plus petite admission (celle de 35%) l'ouverture maxima de la lumière est de 20 m/m , et elle existe à 14% de la course; pour une admission de 55% , l'ouverture maxima qui est de 22 m/m , largeur de la lumière, existe à 26% de la course.

Ce fait a de l'importance au point de vue du laminage de la vapeur à son

entrée dans le cylindre, et pour le mieux faire ressortir par une comparaison, on a calculé les vitesses théoriquement nécessaires pour l'écoulement de la vapeur par les orifices d'admission sans aucun laminage. La vitesse pour une position quelconque du piston, a été obtenue en divisant le volume qu'il engendre pendant l'unité de temps avec sa vitesse à l'instant considéré par la surface de l'orifice d'admission découverte à cet instant.

Fig. 38. — Courbes figuratives des vitesses théoriques de la vapeur à son passage par les lumières d'admission.



NOTA : Les ordonnées sont proportionnelles aux vitesses théoriques de la vapeur. Leur échelle est de $1 \frac{m}{m}$ pour 12 mètres de vitesse en supposant que la locomotive 3.101 marche à 30 kilom. à l'heure et que la vitesse angulaire des essieux moteurs soit la même pour les 3 machines.

Les calculs ont été faits pour les admissions de 35 % et de 55 % qui viennent d'être considérées et appliqués aux locomotives de grande vitesse et aux locomotives à 8 roues couplées en même temps qu'à la machine 3.101. On a supposé pour cette machine une vitesse de 30 km à l'heure et pour les deux autres types les vitesses de 38 et de $23 \text{ km},5$ qui correspondent à un même nombre de tours des roues motrices dans le même temps. Les résultats de ces calculs ont été représentés graphiquement sur la Fig. 38 ci-dessus. Les abscisses des courbes représentent les centièmes de courses des pistons, et les ordonnées qui sont proportionnelles aux vitesses de la vapeur, sont à l'échelle de $1 \frac{m}{m}$ pour 12 mètres de vitesse.

On voit que la locomotive 3.101 présente seule, dans les deux cas, un minimum de la vitesse qui, dans le cas des admissions réduites, se trouve être bien inférieure à celle constatée sur les autres machines au même point de la course du piston.

Par l'augmentation de course du taquet, l'admission minima du cylindre de haute pression a été portée, comme nous l'avons dit, à 35 %; dans les cas assez rares où elle se trouve trop grande, on réduit l'ouverture du régulateur.

Pour la marche en arrière, le tiroir doit nécessairement être placé dans la position transversale qui donne l'admission directe aux cylindres extérieurs; la machine ne peut dans ce cas fonctionner en compound.

Effort maximum de traction. — La locomotive 3.101 a une grande puissance de démarrage, en raison de la pression élevée de la vapeur et de la possibilité de son admission directe dans les grands cylindres, et son effort maximum de traction est celui qui correspond au poids adhérent de 40^r 6 de la machine en charge. Avec le fonctionnement compound, et pour l'admission au cylindre de haute pression, laquelle est de 62 %, elle possède un effort théorique de traction de 9.440 kg. et un effort pratique de 6.130 kg. dont le rapport au poids adhérent de la machine en charge est $\frac{6.130}{40.600} = \frac{1}{6,6}$.

En raison de cet effort de traction et de son poids adhérent, la locomotive 3.101 pouvait donc être assimilée aux locomotives à 8 roues couplées. D'autre part, d'après le diamètre de ses roues motrices qui est de 1^m,650, elle se trouvait apte à faire le service des trains de voyageurs à vitesse modérée.

On l'a mise en effet à ces deux services et nous donnons ci-après quelques uns des résultats d'expériences.

EXPÉRIENCES.

Les premiers voyages d'essai ont eu lieu aux trains 207^{bis} et 208^{bis} entre Paris et Crépy-en-Valois, en Novembre et Décembre 1887, époque à laquelle la locomotive 3.101 faisait le service des machines mixtes Nord, et à divers trains de marchandises.

Les diagrammes N^{os} 2 à 6 (Fig. 6, Pl. X) se rapportent au cylindre intérieur primitif sans enveloppe; ils ont montré qu'il existait une chute de pression assez forte dans ce cylindre, surtout lorsque l'admission était prolongée. C'est là ce qui a conduit à augmenter la course du taquet, et sur les diagrammes relevés ultérieurement, la chute de pression à l'admission se trouvait comparable à celle qui existe dans les cylindres des locomotives en général. En second lieu, on a observé, dès ces premières expériences, que la compression dans le cylindre de haute pression n'était jamais exagérée et ne dépassait pas celle de la boîte à vapeur. Les diagrammes N^{os} 1 et 1' ont été pris au démarrage. Les N^{os} 2 à 6 ont été relevés avec différentes admissions

aux cylindres de basse pression pour rechercher quelle était la plus convenable. Les diagrammes N^{os} 2 et 2' indiquent la chute de pression minima au réservoir intermédiaire. Ceux qui portent les N^{os} 7' et 8' ont été relevés avec admission directe aux cylindres extérieurs, lors d'un essai fait avec un train de marchandises pesant 447 tonnes. Le tableau ci-dessous indique toutes les conditions de marche dans lesquelles ils ont été pris.

LOCOMOTIVE 3101. (Compound).

Conditions de marche relatives aux diagrammes relevés aux trains d'expériences.

N ^{os} des trains.	N ^{os} d'ordre des dia- gram- mes.	CYLINDRE à haute pression — Admission en centièmes de la course.	CYLINDRES à basse pression.		PRESSION effective de la vapeur.		VITESSE en kilomètres à l'heure.	EFFORT de traction au crochet du tender.	PROFIL de la voie. (en millimètres)
			admis- sion en centièm ^{es} de la course.	cran du change- ment de marche.	dans la chau- dière.	au ré- servoir inter- mé- diaire.			
207 bis	1	A' 41 1/2 R 42 1/2	"	"	12 kg.	"	"	"	"
407	2	37 1/2	"	"	12.5	"	21.3	2450 kg	Rampe de 3, d°
d°	2'	"	48	2	"	2.8	d°	d°	d°
d°	3	61	"	"	12	"	20.1	3200	Rampe de 5 d°
d°	3'	"	47	2	"	3.7	d°	d°	d°
d°	4	61	"	"	13	"	23.9	3400	Rampe de 5 d°
d°	4'	"	48	2	"	4.7	d°	d°	d°
d°	5	37 1/2	"	"	13	"	17.6	2800	Rampe de 5 d°
d°	5'	"	57	2 1/2	"	2.6	d°	d°	d°
d°	6	61	"	"	13	"	27.6	3450	d°
d°	6'	"	57	2 1/2	"	3.9	d°	d°	d°
d°	7'	"	27	1	13	"	22.6	2700	d°
d°	8'	"	37 1/2	1 1/2	13	"	28.9	3900	d°
1858	9	35	"	"	13	"	30	"	"
d°	9'	"	42	1 3/4	"	2.8	d°	"	"
d°	10	35	"	"	13	"	22	"	"
d°	10'	"	45	1 1/8	"	2.1	d°	"	"
d°	11	50	"	"	"	"	23	"	"
d°	11'	"	48	2	13	3.4	d°	"	"
d°	12	54	"	"	"	"	23	"	"
d°	12'	"	47	2	13	3.8	d°	"	"
d°	13'	Admission directe au cylindre B P.	22	3/4	12.5	"	27	"	"
420	14	62	"	"	"	"	"	"	"
d°	14'	"	42	1 3/4	14 1/4	7.8	20	4500	Rampe de 5
d°	15	60	"	"	"	"	"	"	"
d°	15'	"	42	1 3/4	14 1/4	7	20	4500	Rampe de 5

NOTA. — Les diagrammes 1 et 1 bis, ont été pris au démarrage, marche avant.

Aux expériences dont nous venons de parler, le cylindre de haute pression.

avait le diamètre primitif de 460 m/m . Les suivantes ont été faites en 1888 après l'application de la chemise qui a réduit le diamètre à 432 m/m . Les nouveaux diagrammes (N^{os} 9 à 12, Pl. X, Fig. 6) montrent que la distribution se faisait dans de bonnes conditions et sans chute de pression anormale au réservoir intermédiaire. Si sur deux d'entre eux, les N^{os} 11 et 12, la chute de pression à la fin de l'admission au cylindre intérieur paraît encore un peu forte, cela tient à ce qu'elle se produit plus brusquement que sur les autres machines, pour lesquelles la courbe affecte en général la forme du tracé ponctué. Sur la locomotive 3.101, la pression initiale d'admission se maintient plus longtemps à cause de la plus grande section d'ouverture maxima des lumières.

A la fin de 1888 et au commencement de 1889, les locomotives 3.101 et 3.464 ont fait un service spécial de La Chapelle à Longueau et retour, pour la comparaison des consommations, mais cet essai n'a pas été concluant à cause de la difficulté de tenir compte des charges très variables, et surtout parce que la puissance de la machine ne paraissait pas bien utilisée. Pour déterminer cette puissance pratiquement, il a été fait de nouvelles expériences sur des trains de marchandises ; nous allons en rendre compte.

On a d'abord pris une charge de 160 unités, au train 420 que faisaient les deux locomotives, et en raison de la facilité avec laquelle la machine 3.101 a remorqué cette charge, on a été conduit à prendre celle de 180 unités afférente aux locomotives à 8 roues couplées.

L'expérience a été faite le 15 Mars au même train accompagné par le wagon dynamomètre. Ce train, composé de 42 wagons, pesait 627^T,9 et représentait 181 unités. Les rampes de 5 m/m qui forment presque tout le trajet de Creil à Survilliers ont été franchies à la vitesse de 20^{km} à l'heure ou 5^m,55 par seconde, en maintenant jusqu'au sommet de ces rampes la pression de la chaudière à 14^{kg} et sans laisser baisser outre mesure le niveau de l'eau dans la chaudière. L'effort de traction était en moyenne de 4.500^{kg}, ce qui correspond à 7^{kg},15 par tonne de train. D'après ces données, on trouve que le travail utilisé au crochet de traction du tender était de 332 chevaux. L'effort le plus considérable a été développé au kilom. 37 où une grande partie du train se trouvait encore engagée dans la courbe de 1.000^m de rayon, alors que la machine et un certain nombre de wagons en étaient sortis ; on constate à ce point un effort de 4.750^{kg} au crochet de traction du tender et une vitesse de 19^{km},2 à l'heure, d'où un travail utilisé de 336 chevaux.

Des diagrammes ont été relevés dans cette expérience, principalement sur les rampes de 5 m/m , et comme la vitesse et l'effort de traction y ont peu varié,

on a les éléments nécessaires pour calculer assez exactement le rendement de la machine. Le plus grand travail indiqué a été de 453 chevaux au kilom. 37, et le travail moyen utilisé de 332 chevaux, mentionné ci-dessus, correspondait à un travail indiqué moyen de 436 chevaux, (diagrammes N^{os} 14 et 14' pour la face arrière des pistons : 15 et 15' pour la face avant); ces diagrammes indiquent une chute de pression au réservoir, qui n'est pas exagérée et ne peut entraîner qu'une perte très minime de travail. D'après l'effort de traction de 7^{kg},15 par tonne de train, il est facile, en le majorant un peu, de calculer : 1^o le travail dépensé pour remorquer le wagon dynamomètre et le tender, pesant ensemble 33 tonnes ; 2^o le travail dépensé pour vaincre l'action de la pesanteur, à raison de 5^{kg} par tonne, sur la machine seule. On trouve pour ces deux travaux réunis 32 chevaux environ qui, ajoutés aux 332 chevaux constatés au crochet de traction, portent à 364 chevaux le travail moyen que la machine aurait développé à la barre d'attelage en palier. Les résistances passives de la locomotive, comprenant celles du véhicule, marchant en palier, et celles du mécanisme, ont donc absorbé un travail de 436—364 ou 72 chevaux qui représentent 16,5% environ du travail total, d'où un rendement de 83,5%. Si à ce chiffre on ajoute 2,8% représentant les 12 chevaux absorbés dans ces conditions par la machine considérée comme véhicule, on a 86,3% comme effet utile du mécanisme. Ce résultat comparable à celui qu'on obtient avec les locomotives ordinaires, permet de conclure que le mécanisme supplémentaire employé pour réaliser le fonctionnement compound n'a pas diminué le rendement.

TRAIN SPÉCIAL
DU 4 AVRIL 1889.

Enfin, pour clore cette série d'expériences, on a cherché à obtenir, avec une charge moins forte, une marche aussi rapide que possible. On a choisi un train spécial de charbon, de Lens à La Chapelle. Le tableau ci-dessous indique l'itinéraire prévu et la marche réalisée.

TRAIN SPÉCIAL DU 4 AVRIL 1889 (LENS - LA CHAPELLE).

	HEURES	
	de l'itinéraire.	de la marche réelle.
LENS..... Départ.	5h.50 matin	5h.50
ARRAS..... { Arrivée.	6 45	6 39
{ Départ.	6 55	6 55
ACHET..... (passage)	7 40	7 32
LONGUEAU..... { Arrivée.	8 45	8 46
{ Départ.	9 16	9 16
BRETEUIL..... { Arrivée.	10 21	10 20
{ Départ.	10 31	10 31
CREIL..... { Arrivée.	11 36	11 52
{ Départ.	1 » soir	1 05
SURVILLIERS..... (passage)	1 45	1 53
LA PLAINE..... Arrivée.	2 40	2 35

Comme on le voit d'après ce tableau, la marche pourtant rapide qui était prévue a pu être accélérée, et on a gagné du temps sur les rampes; il existe pour l'arrivée à Creil un seul retard dont nous indiquerons le motif.

Le train composé de 35 wagons de charbon, d'un fourgon et du wagon dynamomètre pesait 548^r,9. Le démarrage de Lens a eu lieu sans difficulté avec l'admission directe aux cylindres extérieurs, malgré la rampe très raide produite par l'affaissement du terrain. La rampe de Farbus qui est de 5^m/_m, a été franchie à la vitesse de 22 à 25 km. à l'heure, l'effort développé au crochet de traction du tender étant de 4.300 à 4.400 kg. On a atteint la vitesse de 28 km. sur la rampe de 5^m/_m qui précède Achiet.

Les rampes de 3^m/_m situées au départ de Longueau, puis entre Boves et Ailly-sur-Noye ont été franchies, la première à la vitesse de 28 km., la seconde à 48 km.; mais à cette dernière vitesse, on a constaté que le feu était entraîné par le tirage, l'échappement se trouvant un peu trop petit pour la quantité de vapeur dépensée dans ces conditions.

Le même fait a été constaté au delà d'Ailly-sur-Noye du kilom. 111 au kilom. 105 où, sur des rampes de 3 ou 4^m/_m, la vitesse réalisée de 30 à 36 km. aurait pu être dépassée, si le tirage n'était devenu excessif.

Au départ de Breteuil le joint du regard d'avant de la boîte à tiroir du cylindre intérieur s'étant crevé, on a monté avec quelque difficulté la rampe de 4^m/_m qui précède Gannes et, le joint ayant été refait à Creil, le départ de cette gare a pu avoir lieu avec 5 minutes de retard seulement. La pluie qui commençait à tomber à ce moment a occasionné un peu de patinage du km. 45 au kilom. 41, la vitesse était alors de 24 km.; mais à partir de ce point elle s'est maintenue entre 27 et 30 km. sur rampes de 5^m/_m jusqu'au sommet. La durée du trajet jusqu'à Survilliers a été celle prévue par l'itinéraire malgré le patinage et malgré un ralentissement à la bifurcation de Senlis.

L'admission au cylindre intérieur était alors de 62 % environ, et la pression s'est constamment maintenue à 14 kg.; l'effort de traction a varié entre 3.800 et 4.000 kg. Dans ce trajet, la machine a développé le maximum du travail en compound, la composition du train, qui contenait 3 wagons à freins, a permis de marcher vite sur les pentes, où on a atteint momentanément dans la dernière partie du trajet, sur celles de 5^m/_m, la vitesse de 60 km.

Ce trajet de 210 km. a été effectué en 6^h 30^m déduction faite des stationnements, et cette vitesse est supérieure à celle de tous les trains de marchandises. Nous ajouterons que, d'après les observations faites pendant toute la

durée du voyage, la production de vapeur aurait permis de réaliser cet itinéraire avec une charge plus grande.

ENVELOPPE
DE VAPEUR.

L'application de l'enveloppe de vapeur au cylindre intérieur est trop récente pour que nous puissions donner des indications précises sur son effet. Nous avons seulement constaté que la vapeur de la chaudière, admise directement dans cette enveloppe qu'on purgeait de temps à autre, ne se condensait qu'en petite quantité ; on recueillait de 6 à 12 litres d'eau par heure, selon que l'admission de vapeur était plus ou moins prolongée dans le cylindre.

RÉSUMÉ.

En résumé, la locomotive 3.101 après avoir fait pendant quelque temps le service des trains de voyageurs-omnibus ou semi-directs qui est habituellement réservé aux machines mixtes, a participé au service des trains légers de marchandises, conjointement avec les locomotives à 6 roues couplées ; enfin, elle a été essayée avec succès à un train ordinaire de marchandises, avec la charge normale des machines à 8 roues couplées. Elle démarre franchement et rapidement, grâce à l'admission directe aux cylindres de basse pression, mais le fonctionnement comme locomotive ordinaire n'a toujours été employé qu'au démarrage, le travail développé par le fonctionnement compound étant suffisant en pleine marche pour utiliser l'adhérence, et pouvant utiliser également la production de la chaudière, qui est satisfaisante.

L'évaluation de la consommation de charbon, faite pendant un temps peu prolongé, lorsque la locomotive 3.101 faisait le service des machines à six roues couplées, n'a pas fourni de renseignements concluants, par ce motif qu'en raison de la charge des trains, la puissance de la locomotive compound n'était pas à beaucoup près utilisée. L'envoi de cette machine à l'Exposition a interrompu les expériences intéressantes dont elle était l'objet et qui seront reprises ; ses consommations pourront alors être mises en regard de celles des locomotives à 8 roues couplées dont le poids adhérent est peu supérieur au sien, et auxquelles on peut la comparer au point de vue de l'effort de traction.

(Extrait de la Notice de la C^{ie} du Nord)

Fig. 1. — Locomotive à bogie à l'avant

Échelle 1/50

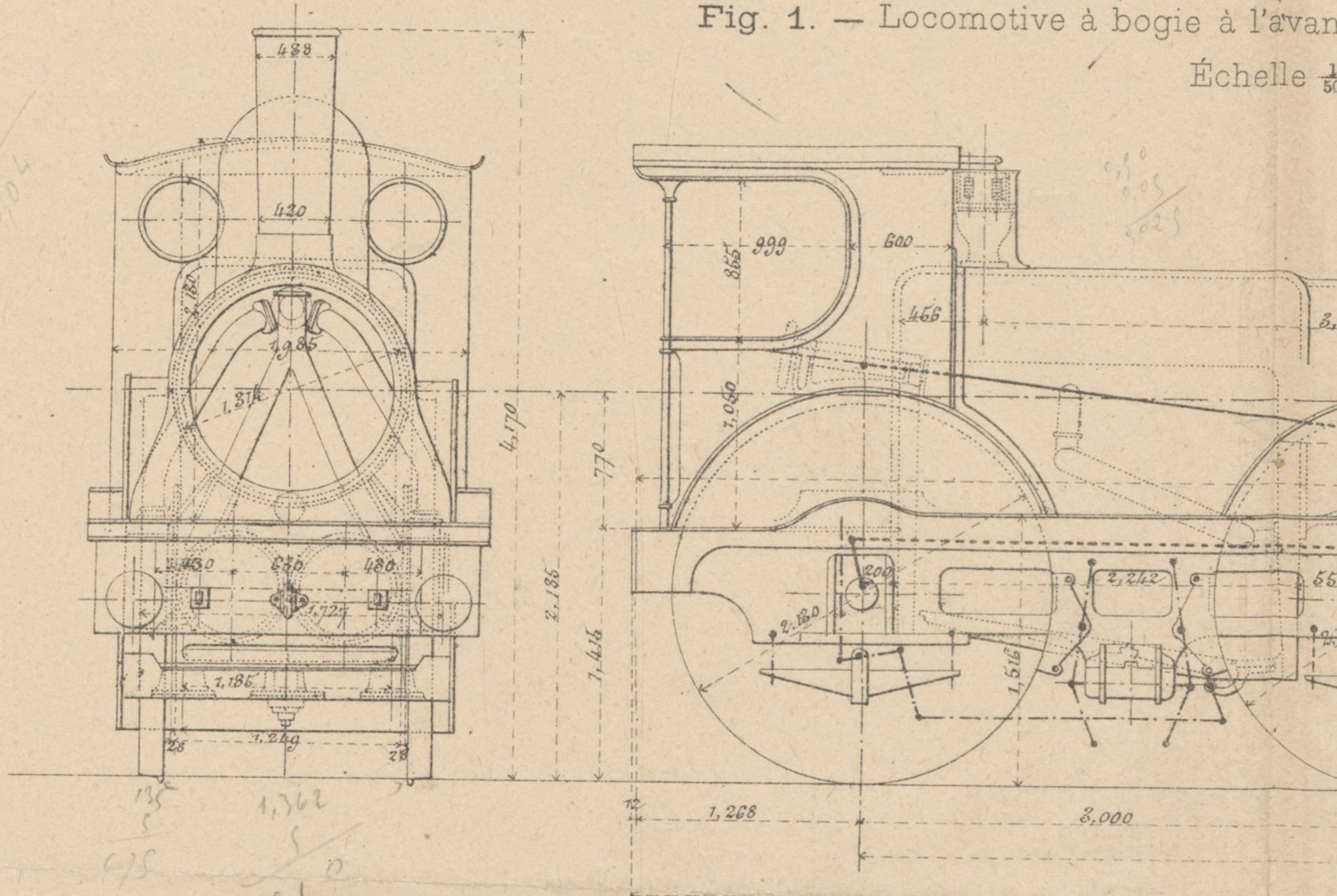
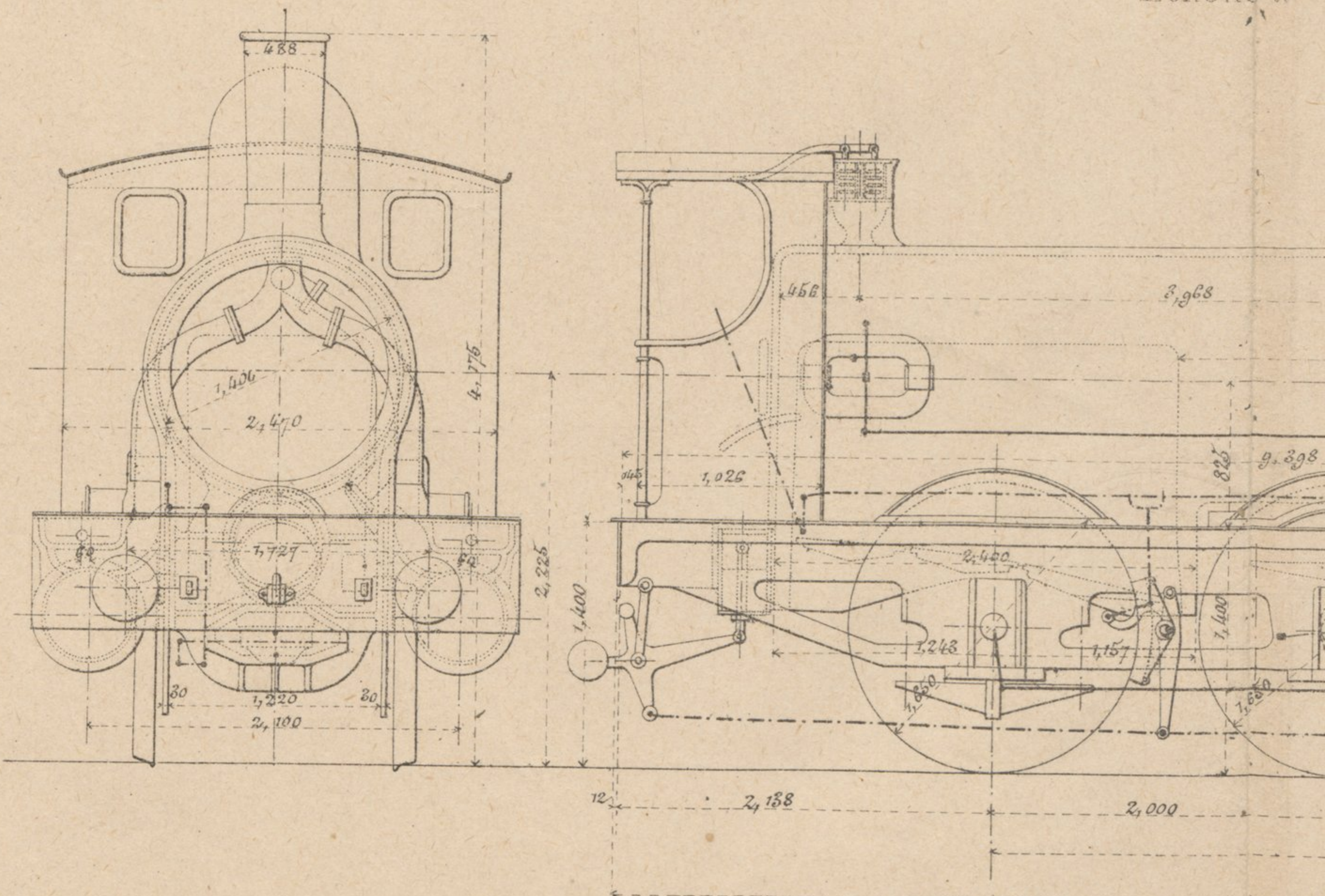


Fig. 2. — Locomotive Compound à 3 cylindres

Échelle 1/50

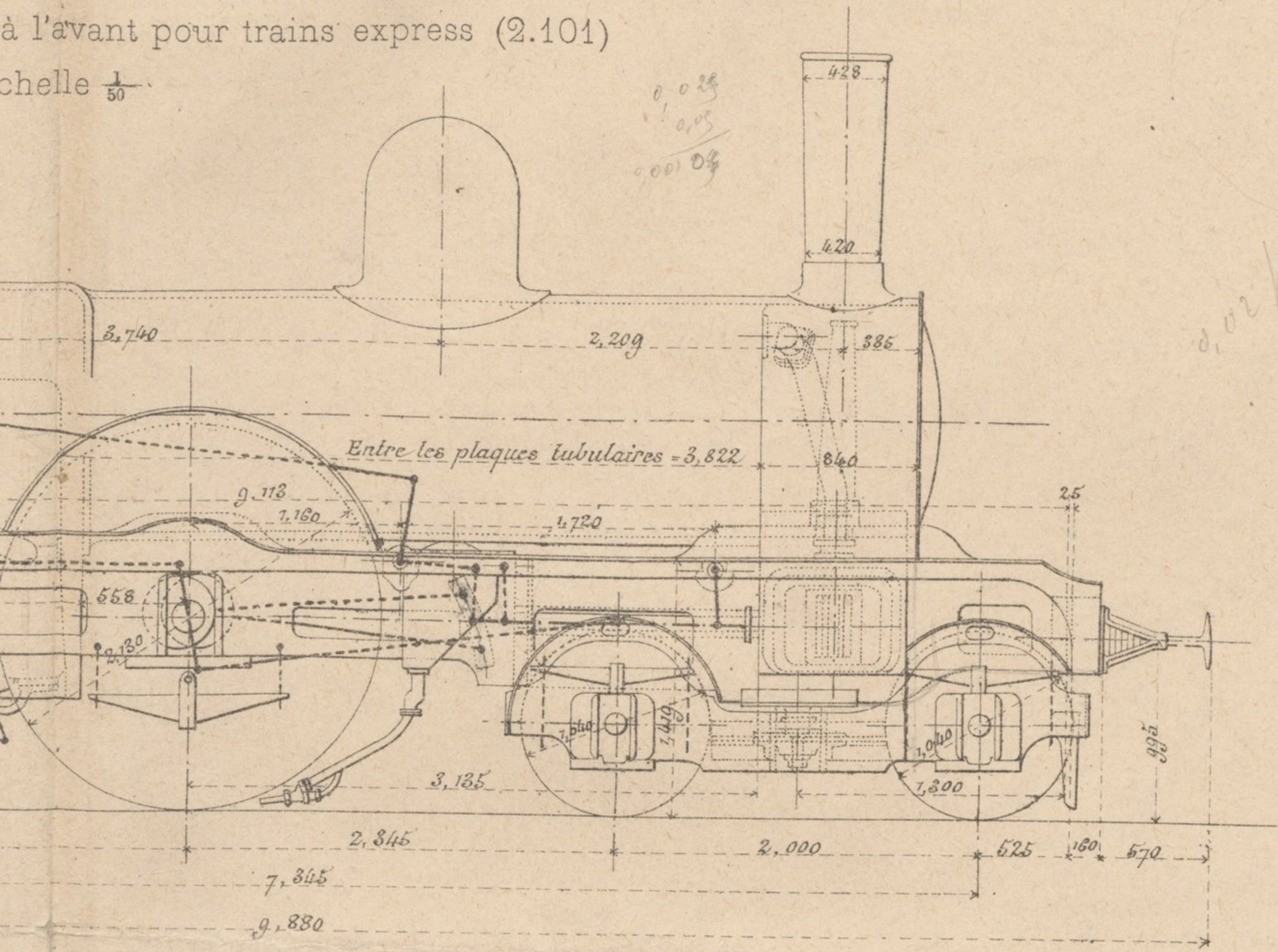


LOCOMOTIVE COMPOUND A 3 CYLINDRES POUR TRAINS MIXTES

la C^{ie} du Nord à l'Exposition U^{lle} de 1889)

à l'avant pour trains express (2.101)

échelle $\frac{1}{50}$



3 cylindres pour trains mixtes (3.101)

échelle $\frac{1}{50}$

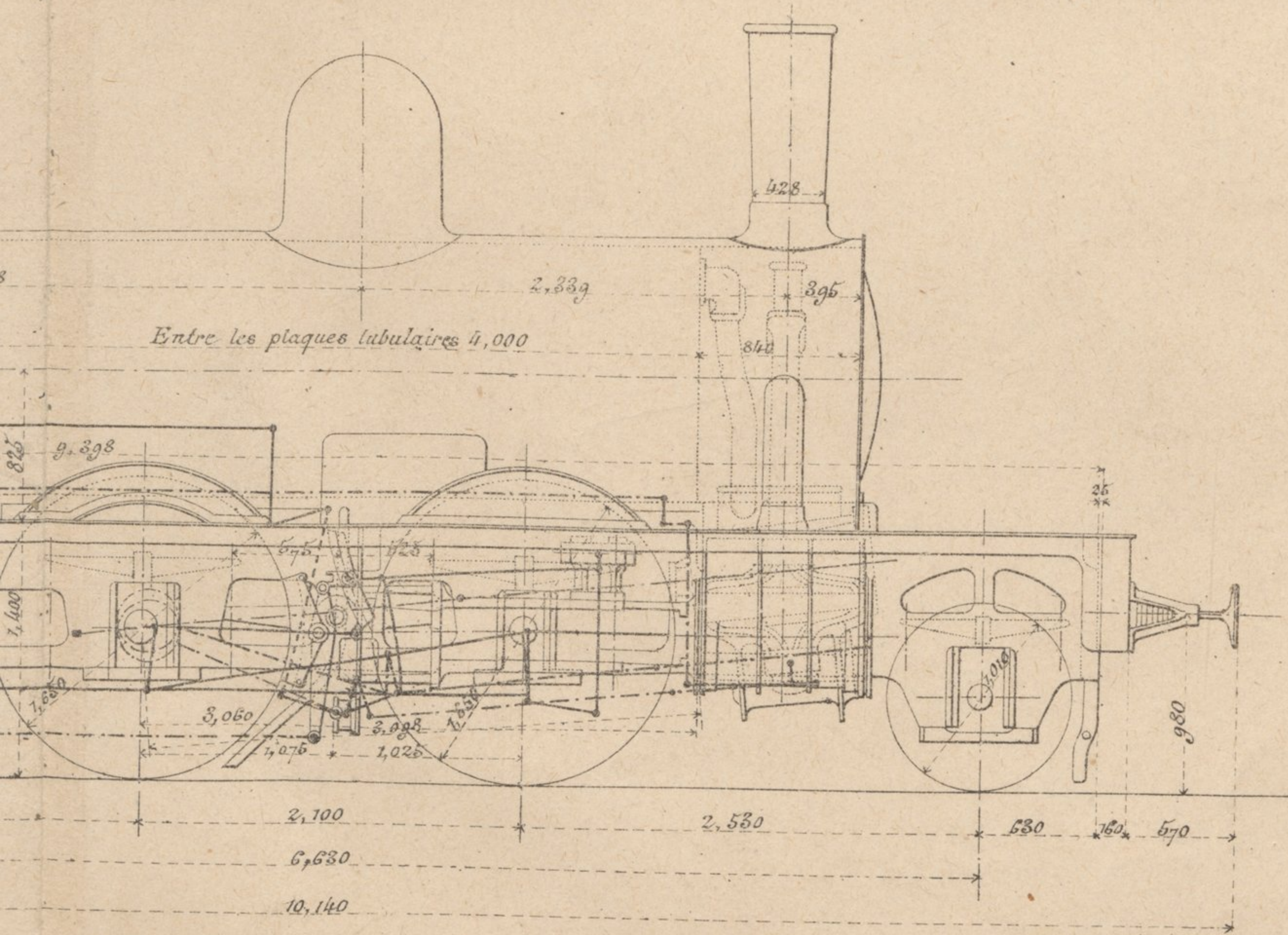


Fig. 1. Coupe longitudinale

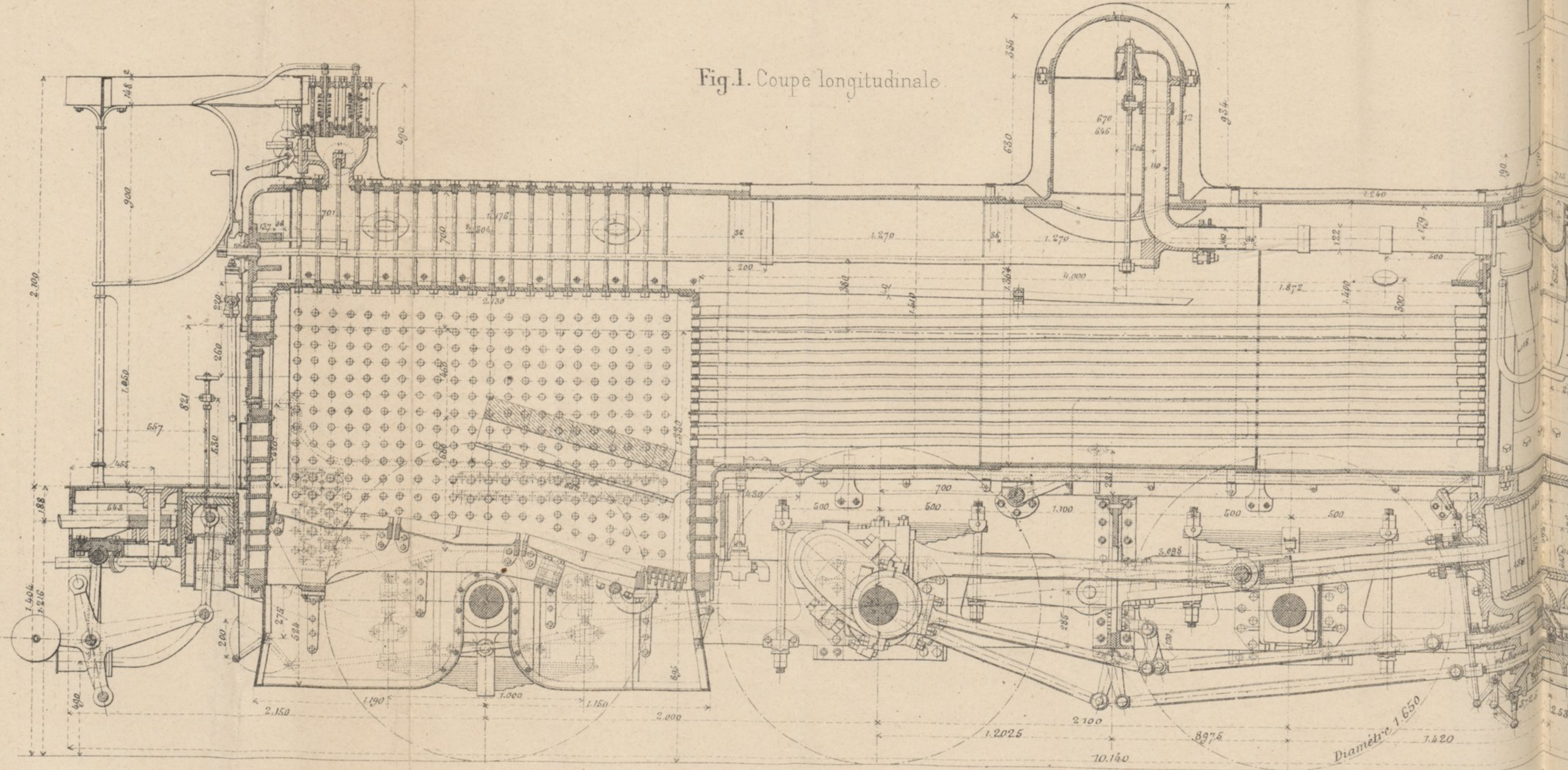


Fig. 2. Plan.

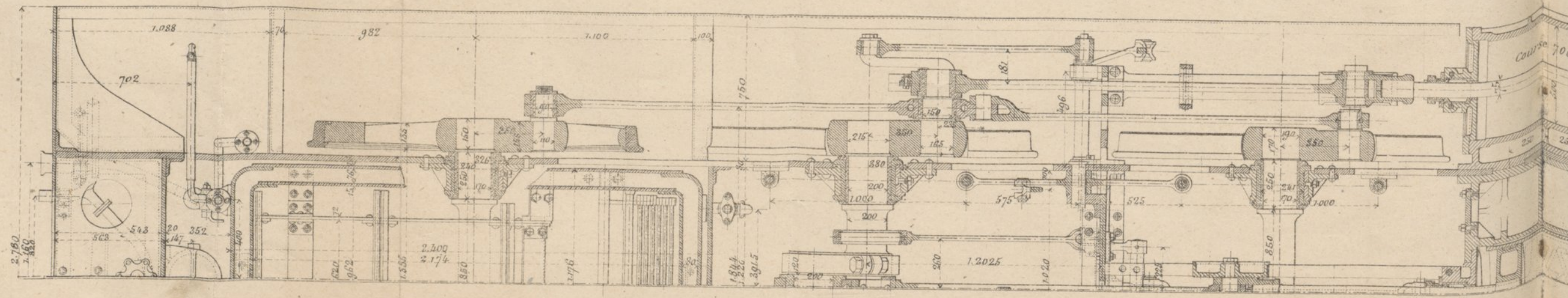


Fig.1 à 4. - Cylindre intérieur de haute pression.

Fig.1. Vue de dessous de la boîte à vapeur

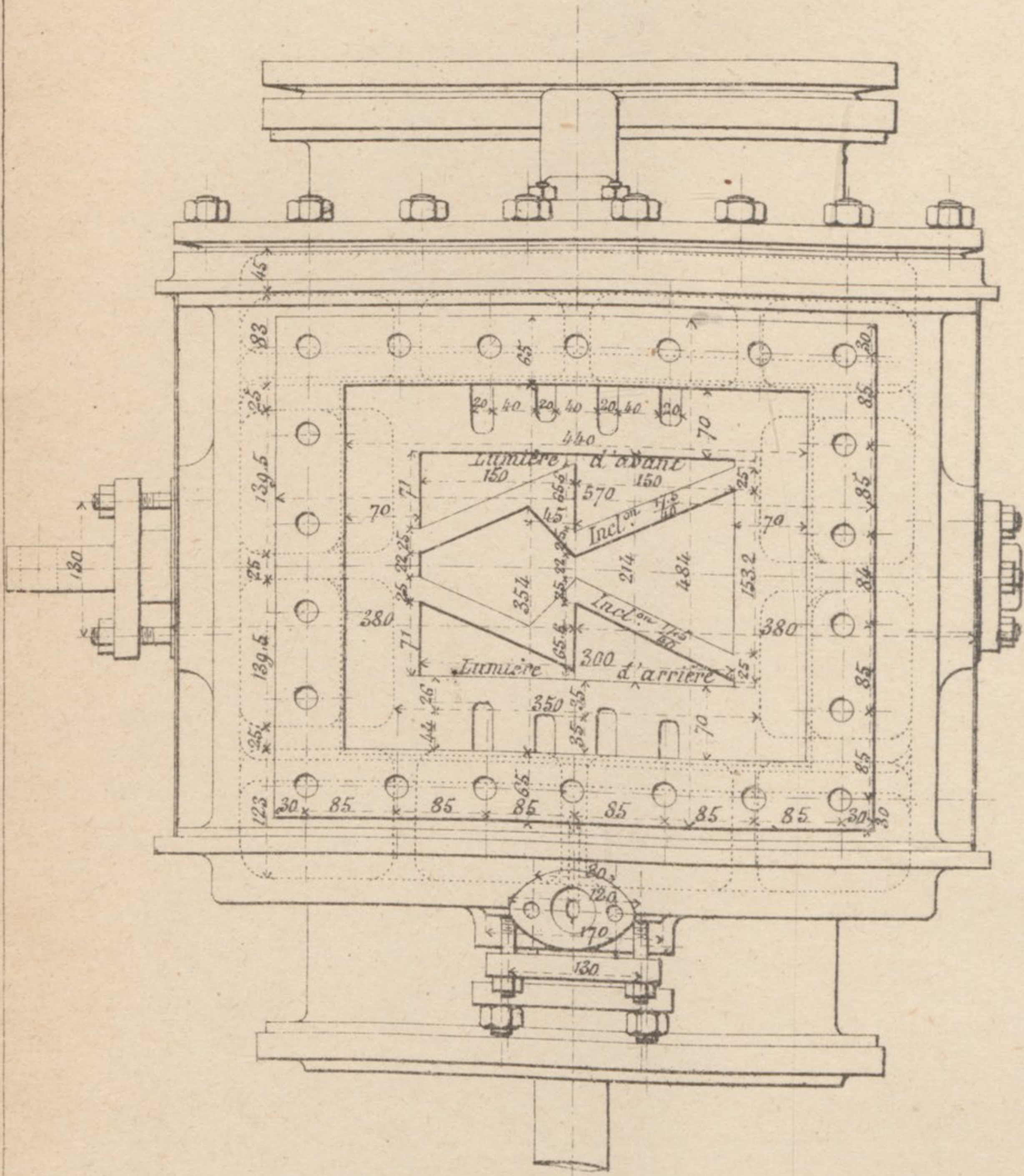


Fig.2. Coupe FGHI.

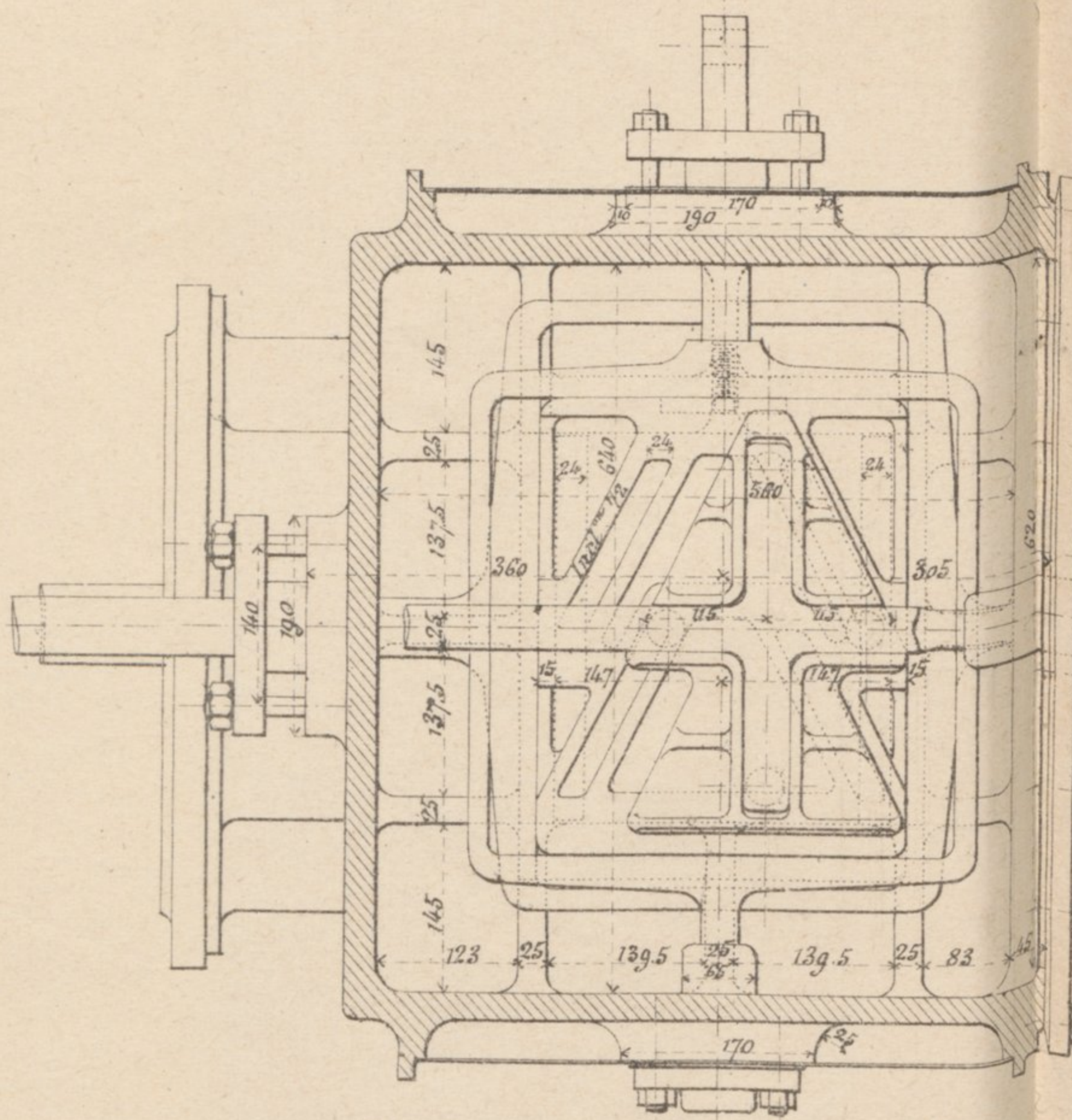
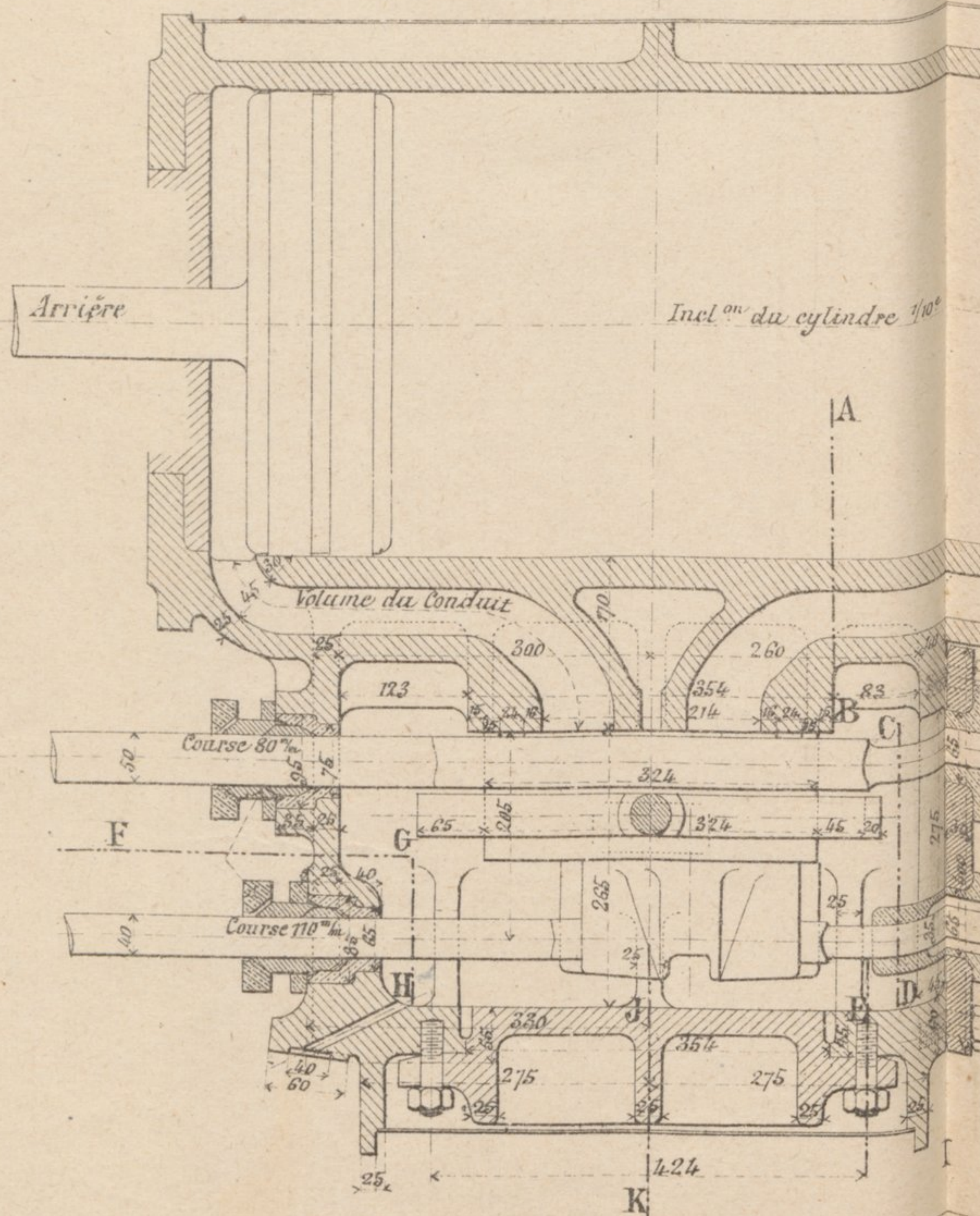


Fig.4. Coupe NP'Q'ORP.



Echelle $\frac{1}{10}$.

Fig.3. Coupe ABCDEJK.

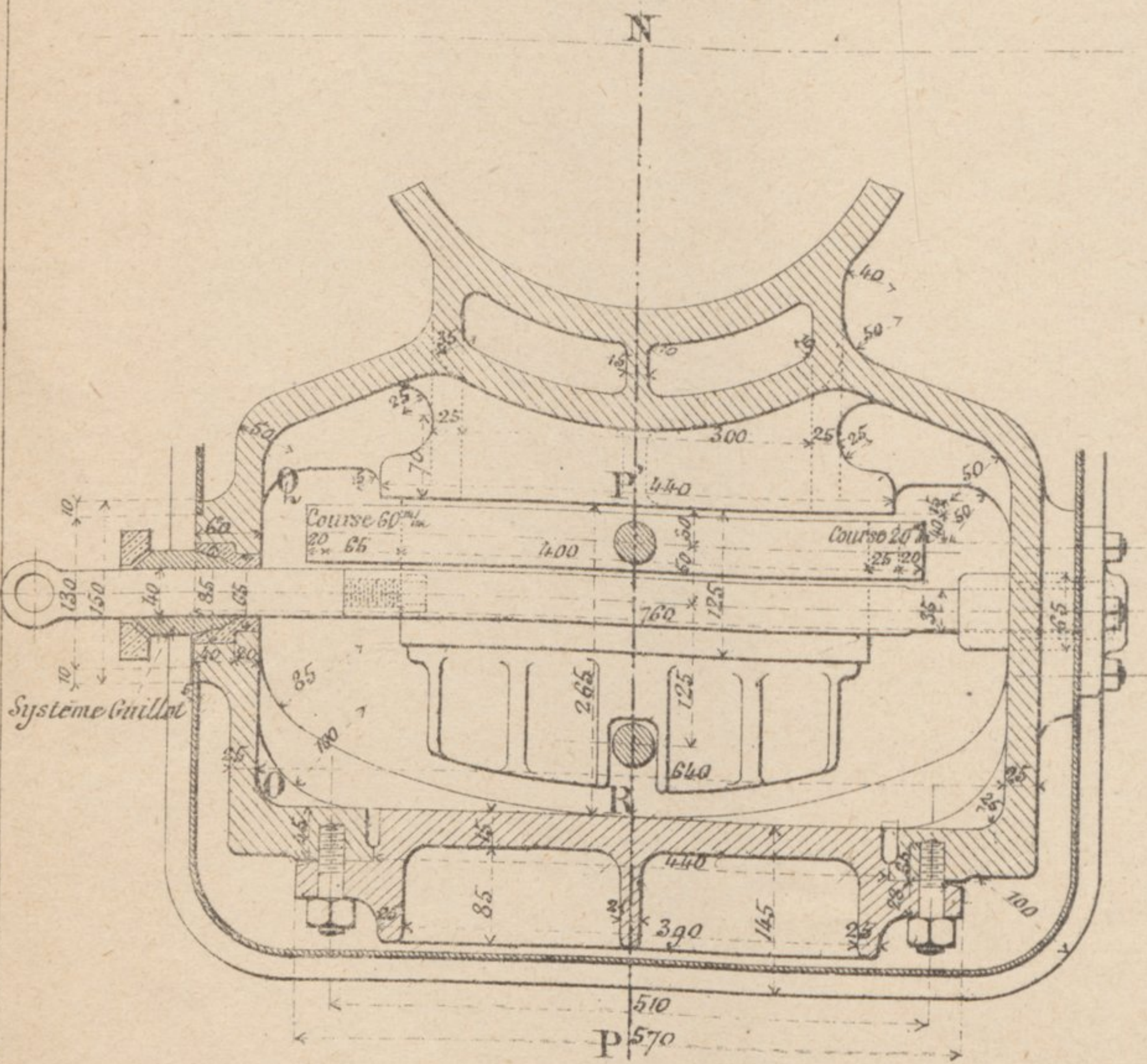


Fig. 5. Courbe de distribution du cylindre à haute pression de la machine Compound à 3 cylindres.

