

LA NOUVELLE CHAUDIÈRE A FOYER A TUBES D'EAU

A L'ESSAI SUR LA LOCOMOTIVE A GRANDE VITESSE 2.741
DE LA COMPAGNIE DU NORD

Par J. KŒCHLIN,

INGÉNIEUR PRINCIPAL DES ATELIERS DE MACHINES DE LA CHAPELLE ET D'HELLEMMES.

(PL. VII à X).

Si le mécanicien a dit à peu près son dernier mot dans les plus récents perfectionnements apportés à la locomotive moderne, il n'en est pas de même du chaudronnier.

Nos chaudières de grande puissance sont, en effet, par l'élévation de leur timbre, par les grandes dimensions linéaires de leurs éléments et les effets de dilatation qui en résultent, par les difficultés que l'on éprouve à éviter les fuites et à surveiller les corrosions, à extraire les dépôts qu'y laissent les énormes quantités d'eau vaporisée, nos chaudières, dis-je, sont des organes devenus très délicats sur lesquels doit être concentrée une surveillance incessante et minutieuse pour en garantir l'entière sécurité. D'autre part, leur prix de construction et leur coût d'entretien deviennent de plus en plus élevés. Toute tentative ayant pour objet leur amélioration est donc du plus haut intérêt pour l'Ingénieur de Chemin de fer. Aussi, lorsqu'en 1904, le regretté Directeur du Creusot, M. Gény, vint, au nom de MM. Schneider et C^{ie}, proposer à M. du Bousquet, Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction, la collaboration de sa Maison en vue de chercher à adapter à la locomotive la chaudière marine à petits éléments, a-t-il vu accepter ses propositions avec d'autant plus d'empressement qu'elles venaient d'un Constructeur dont la haute compétence en matière de chaudière marine est depuis longtemps établie.

Dans ces premiers pourparlers, MM. Schneider et C^{ie} proposaient à la Compagnie du Nord d'appliquer à la locomotive la chaudière Du Temple, telle qu'elle est construite pour notre Marine de Guerre notamment. Mais la forme même de cette chaudière ne permet pas de l'installer facilement sur un châssis de locomotive, à moins de changer radicalement les dispositions de celui-ci, dispositions qui ont fait leur preuve pour la machine de vitesse et dont il est bon de ne pas encore s'écarter. Aussi, M. du Bousquet a-t-il demandé à MM. Schneider et C^{ie} de limiter au foyer l'emploi du tube d'eau, en conservant de la chaudière actuelle le corps

cylindrique et son faisceau tubulaire. Dès lors, la chaudière nouvelle s'installait à priori sans difficulté sur un de nos châssis de machine Atlantic et l'étude se réduisait à celle d'un foyer nouveau. Elle touchait ainsi à la partie la plus délicate et la plus coûteuse de la chaudière actuelle, tout en lui laissant l'organe vaporisateur par excellence qu'est, à notre avis, le faisceau tubulaire ordinaire, surtout lorsqu'il s'agit de la fin du parcours des gaz chauds. En ces régions, en effet, les dépôts de suie sont le grand ennemi de la surface de chauffe et sur le tube à eau, il est extrêmement difficile de s'en débarrasser. Seuls les tubes parcourus intérieurement par les gaz de la combustion en sont à peu près indemnes, car le courant gazeux chargé d'escarbilles et de poussières en opère automatiquement le ramonage. Tout autres sont les conditions de la surface de chauffe encore en contact avec la flamme et soumise au rayonnement de la couche de combustible en ignition. La température est alors suffisante, à certains moments du parcours tout au moins, pour brûler la suie déposée si, à d'autres instants, le régime de la combustion a donné lieu à sa formation. D'où l'emploi du tube d'eau nettement réservé au foyer et à ses abords.

Il est à priori évident que les conséquences de l'explosion d'un tube à eau peuvent être d'autant plus graves que le diamètre du tube est plus fort, car le danger se mesure à la quantité d'eau et de vapeur faisant irruption dans le foyer en un temps donné, et c'est à dessein que M. du Bousquet s'est rallié aux vues de MM. Schneider et C^{ie} qui, sans descendre aux faibles diamètres, préconisaient l'emploi de tubes à eau de 25 et 30 ^m/_m de diamètre intérieur au maximum. Toutefois, une préoccupation domine dans l'emploi du tube de diamètre réduit, surtout lorsque l'alimentation de la chaudière se fait à l'eau ordinaire même épurée : ce sont les conséquences de son entartrage intérieur. Aussi, avons-nous demandé à MM. Schneider et C^{ie} d'appliquer, à titre d'essai, aux faisceaux tubulaires du foyer de la chaudière à l'étude, le dispositif de chasse sous pression que M. Grille utilise sur ses chaudières aquatubulaires et qui donnait de bons résultats sur deux chaudières marines alors à l'essai pour l'un des paquebots du service Calais-Douvres, appartenant à la Compagnie du Nord.

Sur ce programme, MM. Schneider et C^{ie} établirent, d'accord avec nous, les plans de la chaudière donnée par la Planche VII et, en décembre 1905, reçurent commande de la machine Atlantic sur laquelle elle devait être installée. La locomotive fut livrée en avril 1907. Elle porte le N^o 2.741. Son châssis est le même que celui des locomotives Atlantic, série 2.643-2.675 de notre Compagnie, modifié en son arrière seulement pour recevoir la nouvelle chaudière. Son mécanisme est identique à celui de ces machines ; nous ne nous y arrêterons donc pas.

Sans nous attarder non plus à la description de la chaudière, dont les dispositions sont d'ailleurs faciles à saisir par les dessins que nous en donnons, nous passerons aux essais et à leurs résultats très instructifs à plusieurs points de vue.

Voici cependant les caractéristiques de la chaudière :

Timbre	18 kgs.	
Surface de grille	3 mq. 528	
Surface de chauffe {	foyer.....	40 mq. 1
	tubes.....	230 mq. 38
	totale	270 mq. 38
Nombre de tubes à eau (foyer)	372	
Diamètre des tubes à eau	20/25 mm.	

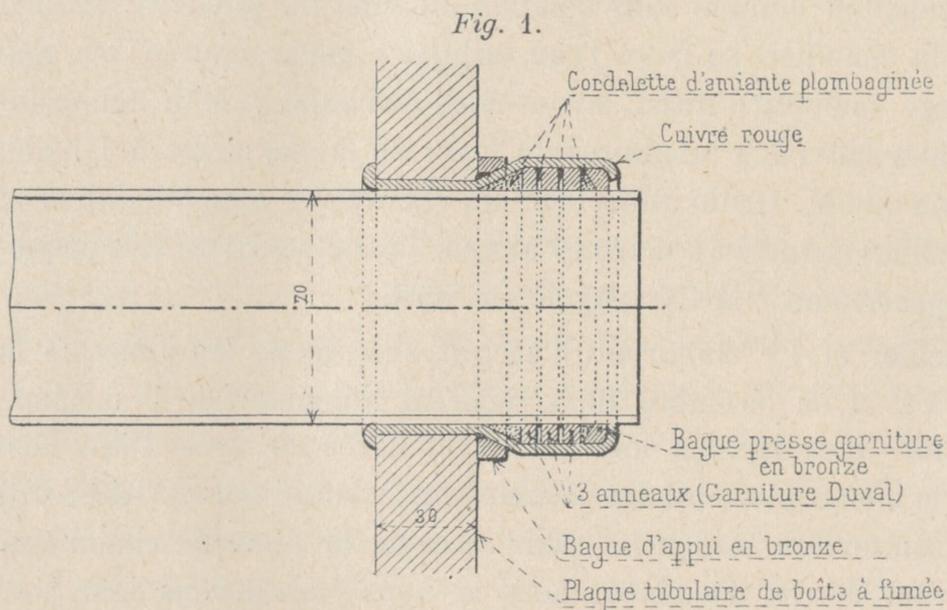
Nombre de tubes à fumée (Corps cylindrique) (Tubes Serve de 70 m/m extérieur)	130				
Longueur des tubes à fumée.....	4 m. 760				
Capacité de la chaudière	<table border="0"> <tr> <td rowspan="3"> { eau..... vapeur..... totale..... </td> <td>4 mc. 570</td> </tr> <tr> <td>2 mc. 380</td> </tr> <tr> <td>6 mc. 950</td> </tr> </table>	{ eau..... vapeur..... totale.....	4 mc. 570	2 mc. 380	6 mc. 950
			{ eau..... vapeur..... totale.....	4 mc. 570	
				2 mc. 380	
6 mc. 950					
Poids total de la chaudière à vide, complète avec ses appareils.	24 t. 936				

La charge sur l'essieu arrière de la machine ayant été trouvée trop élevée par le Service de la Voie, il fallut lui substituer un bogie et ce ne fut qu'en septembre 1907 que la machine 2.741 fut mise en service courant. Dès l'abord, la chaudière se montra économique et très bonne productrice de vapeur ; mais, dès les premiers temps aussi, de graves défauts s'y manifestèrent.

Pour protéger les pieds des tubes formant les côtés latéraux du foyer, le Constructeur avait placé en bordure de la grille deux rangées de briques réfractaires. D'autre part, les parois avant et arrière du foyer étaient aussi construites en briques, ainsi que le montre le dessin. Ces briques ne tinrent pas au feu. Nous ne pouvons énumérer ici toutes les tentatives faites pour obvier à cet inconvénient : essais de produits réfractaires les plus divers, essais d'attaches

spéciales, emploi de briques creuses à circulation d'air, rien n'empêcha la garniture réfractaire d'être détruite avec la plus grande rapidité par le contact de la couche de charbon en combustion ; car c'est à l'action corrosive des mâchefers et non aux hautes températures du foyer qu'étaient dues les difficultés.

Comme conséquence de cette désagrégation de l'en-



tourage de la grille, la voûte installée au-dessus de la partie avant de cette dernière et qui prenait pied sur ce même entourage n'avait aucune solidité et nécessitait des réfections incessantes.

Un autre grave défaut qui gêna beaucoup les essais fut la très mauvaise tenue des tubes à fumée à leur sertissage dans la plaque tubulaire du foyer. Ici encore de nombreuses tentatives furent faites pour chercher à améliorer la situation : mandrinage des tubes sur bagues en cuivre, car la plaque tubulaire avait été faite, à tort peut-être, en acier d'épaisseur assez forte, montage des tubes les plus sensibles dans les presse-garnitures sur la plaque tubulaire de boîte à fumée (Fig. 1), afin de leur assurer une dilatation facile, modes de mandrinages divers, baguage des tubes, rien n'empêcha les fuites de se produire. Celles-ci disparaissaient aux allures de fort tirage pour reparaître, souvent très abondantes, sur les pentes ou en marche à régulateur fermé.

Autre défaut : les rivures du corps cylindrique fatiguaient beaucoup à leur partie inférieure et donnaient lieu à des pertes. En voici la raison : Dans le but de n'amener aux collecteurs inférieurs du foyer que des eaux aussi peu chargées que possible de matières en suspension, le Constructeur avait fait aboutir très haut sur le corps cylindrique les deux gros tuyaux latéraux qui alimentaient ces collecteurs. Il en résultait qu'à l'allumage de la chaudière un courant chaud s'établissait rapidement par les tubes à eau du foyer, le collecteur supérieur, la surface supérieure de l'eau du corps cylindrique et les gros tuyaux de retour d'eau, courant n'intéressant nullement le bas du corps cylindrique qui restait longtemps à une température de beaucoup inférieure à celle de la partie haute, d'où inégalité de dilatation très accentuée qui amenait les fuites en question. L'équilibre de température ne s'établissait que lorsque la chaudière était en activité.

D'autre part, tenue excellente des tubes à eau : leur entartrage intérieur restait insignifiant, bien que le dispositif Grille ne fut que très rarement employé (1). Très peu ou pas de dépôts de suie sur leur surface extérieure et une seule rupture de tube survenue en service le 30 Novembre 1907, au train 70, sans que la cause de cette rupture ait d'ailleurs été bien définie. Cette rupture a entraîné l'arrêt du train, car le tube s'était ouvert en grand, mais ne causa aucun accident de personne.

Les défauts de la chaudière étaient donc bien caractérisés.

D'autre part, ses qualités étaient telles qu'il nous parut du plus haut intérêt de poursuivre les essais en étudiant une nouvelle chaudière débarrassée des imperfections de la première.

Dès le commencement de l'année 1908, des pourparlers furent entamés à ce sujet avec MM. Schneider et C^{ie} qui reçurent commande de la nouvelle chaudière à la fin du mois d'Octobre. Celle-ci fut construite comme la première aux frais de la Compagnie du Nord et livrée au début de Juillet 1909. La chaudière primitive a été retirée du service à la même époque : elle avait effectué un parcours total de près de 67.000 km.

Voici quelles sont les dispositions du nouveau générateur, dispositions dont M. du Bousquet a donné le programme et qui ont été fort habilement étudiées par le Creusot :

Ainsi que le montrent les Planches VIII et IX, les grandes lignes sont restées les mêmes : à l'avant, le corps cylindrique avec lequel s'assemble le collecteur supérieur du foyer, mais l'assemblage des deux éléments est simplifié. Alors qu'il s'effectuait sur joint démontable et pièces de raccordement en acier moulé, la disposition nouvelle comprend une simple rivure de l'extrémité du collecteur dans l'ouverture à bords relevés de la plaque tubulaire de foyer. Comme dans la chaudière primitive, du collecteur supérieur descendent deux faisceaux de tubes formant berceau et constituant les parois latérales du foyer. Comme primitivement aussi, les tubes extérieurs sont jointifs de façon à former paroi pleine, mais les rangées intérieures se croisent à leur partie haute, de façon à garantir du rayonnement le fond du collecteur supérieur. L'on supprimait ainsi la rangée de briques qui, dans la première chaudière, protégeait ce fond. Au bas, ces mêmes tubes intérieurs sont rendus jointifs, de telle sorte qu'ils forment, latéralement à la grille, des parois pleines sur une hauteur de 0^m,50 environ ; donc ici aussi les bordures en briques primitives ont disparu. Nous avons également demandé au Constructeur de revenir, pour l'avant et l'arrière du foyer, aux parois à lames d'eau de nos chaudières

(1) D'ailleurs, le procédé de détartrage par chasses présente de très grandes difficultés sur une locomotive. En effet, pour que la chasse soit efficace, elle doit se faire à haute pression et par de larges orifices. Or l'émission, dans une remise de dépôt d'un grand volume d'eau chaude et de vapeur, présente de très gros inconvénients.

ordinaires. Cette disposition fut adoptée par lui pour la paroi arrière que forme un grand triangle rattaché par ses trois sommets aux 3 collecteurs ; mais il fit mieux pour celle d'avant en constituant celle-ci aussi par une rangée jointive de petits tubes prenant pied sur le grand caisson creux et cloisonné qui, rivé sur l'extrémité arrière du corps cylindrique, relie celui-ci aux deux collecteurs latéraux inférieurs pour les alimenter. Ces tubes, à leur partie haute, débouchent, comme les tubes des parois latérales, dans le collecteur supérieur.

Les fuites à la plaque tubulaire de la première chaudière étaient nettement attribuables à la trop haute température régnant sur la plaque, température qui, ajoutée aux dispositions peut-être défectueuses de l'assemblage des tubes, rendait celui-ci intenable. Aussi, pour la nouvelle chaudière, avons-nous demandé au Constructeur d'éloigner du foyer la plaque tubulaire en la faisant précéder par une chambre de combustion. MM. Schneider et C^{ie} complétèrent heureusement cette disposition : Profitant de ce que nous leur avons prescrit de constituer en tubes à eau jointifs la voûte de combustion du foyer, toujours pour en écarter la brique, ils établirent, au-dessus de celle-ci et sur toute sa longueur, un écran de tubes que les gaz ont à traverser avant de pénétrer dans la chambre de combustion ; ils sont ainsi dépouillés déjà d'une partie de leurs calories avant d'atteindre la plaque tubulaire. Celle-ci a d'ailleurs été, cette fois, construite en cuivre.

D'autre part, les tubes Serve du corps cylindrique avaient été dégarnis de leurs ailettes sur 0 m. 40 de leur longueur et rétreints de 70 à 55 ^m/_m sur cette même longueur à partir de la plaque tubulaire, afin d'augmenter la lame d'eau qui les entoure et de mieux refroidir la plaque, tout en vaporisant moins en ce point du fait de la suppression des ailettes.

Nous verrons plus loin que ces dispositions ont donné les meilleurs résultats.

Quant à la chambre de combustion, la sole en est constituée, comme le montrent les dessins, par le caisson de liaison dont nous avons parlé plus haut, et les côtés par une rangée jointive de petits tubes, le pied inséré dans la paroi du dit caisson et débouchant, eux aussi, par le haut, dans le collecteur supérieur.

L'on remarquera aussi que le caisson prend l'eau d'alimentation des collecteurs sous le corps cylindrique immédiatement à l'avant de la plaque tubulaire, établissant ainsi à l'allumage un courant direct entre l'ouverture du collecteur supérieur et le fond arrière du corps cylindrique, sans influence fâcheuse cette fois sur le reste de la chaudière.

Un large regard fermé par une porte, traverse le fond du caisson, ouverture par laquelle on peut pénétrer dans la chambre pour y effectuer les réparations ou y opérer le nettoyage.

Enfin, les collecteurs inférieurs ont été simplifiés et, à l'instar des chaudières marines, constituées par de simples cylindres en tôle terminés par des trous d'homme à autoclave, afin que l'on puisse y pénétrer pour opérer le mandrinage des tubes à eau. Ceux d'entre eux qui prennent pied sur le caisson de jonction sont commandés par une ouverture à bouchon conique forée en regard dans la paroi opposée du caisson, ouverture par laquelle s'introduit l'appareil à sertir.

Dernière observation : la nouvelle chaudière comprend des tubes à eau de deux épaisseurs : 2^{mm} 1/2 et 5^{mm} ; ces derniers sont réservés aux rangées les plus exposées : entourage de la grille, voûte du foyer. La chaudière primitive ne comprenait que des tubes de 2^{mm} 1/2 d'épaisseur.

Toutes ces dispositions tendaient donc à simplifier et à améliorer les détails. L'ensemble est en même temps beaucoup plus rigide que celui que présentait la première chaudière.

La nouvelle chaudière a conservé à peu près les mêmes caractéristiques que la précédente. Voici ses principales conditions d'établissement :

Timbre	18 kgs	
Surface de grille.....	3 mq. 54	
Surface de chauffe	foyer.....	96 mq.
	tubes.....	220 mq. 51
	totale.....	316 mq. 51
Nombre de tubes à eau (foyer).....	334	
Diamètre des tubes à eau (168).....	25/35 ^{mm}	
id. (334).....	30/35 ^{mm}	
Nombre de tubes à fumée (tubes Serve de 70 ^{mm} de diamètre extérieur).....	136	
Longueur des tubes à fumée.....	4 m. 355	
Capacité de la chaudière	eau.....	6 mc. 160
	vapeur.....	2 m. 490
	totale.....	8 mc. 650
Poids total de la chaudière à vide complète avec ses appareils.....	27 t. 410	

Son foyer est un peu plus haut, l'axe du corps cylindrique s'est trouvé, de ce fait, surélevé et une rehausse a dû être installée entre les cylindres B.P. et la virole de la nouvelle boîte à fumée. Cet axe se trouve actuellement à 2^m,800 du rail ; l'aspect général de la machine n'en est que plus satisfaisant.

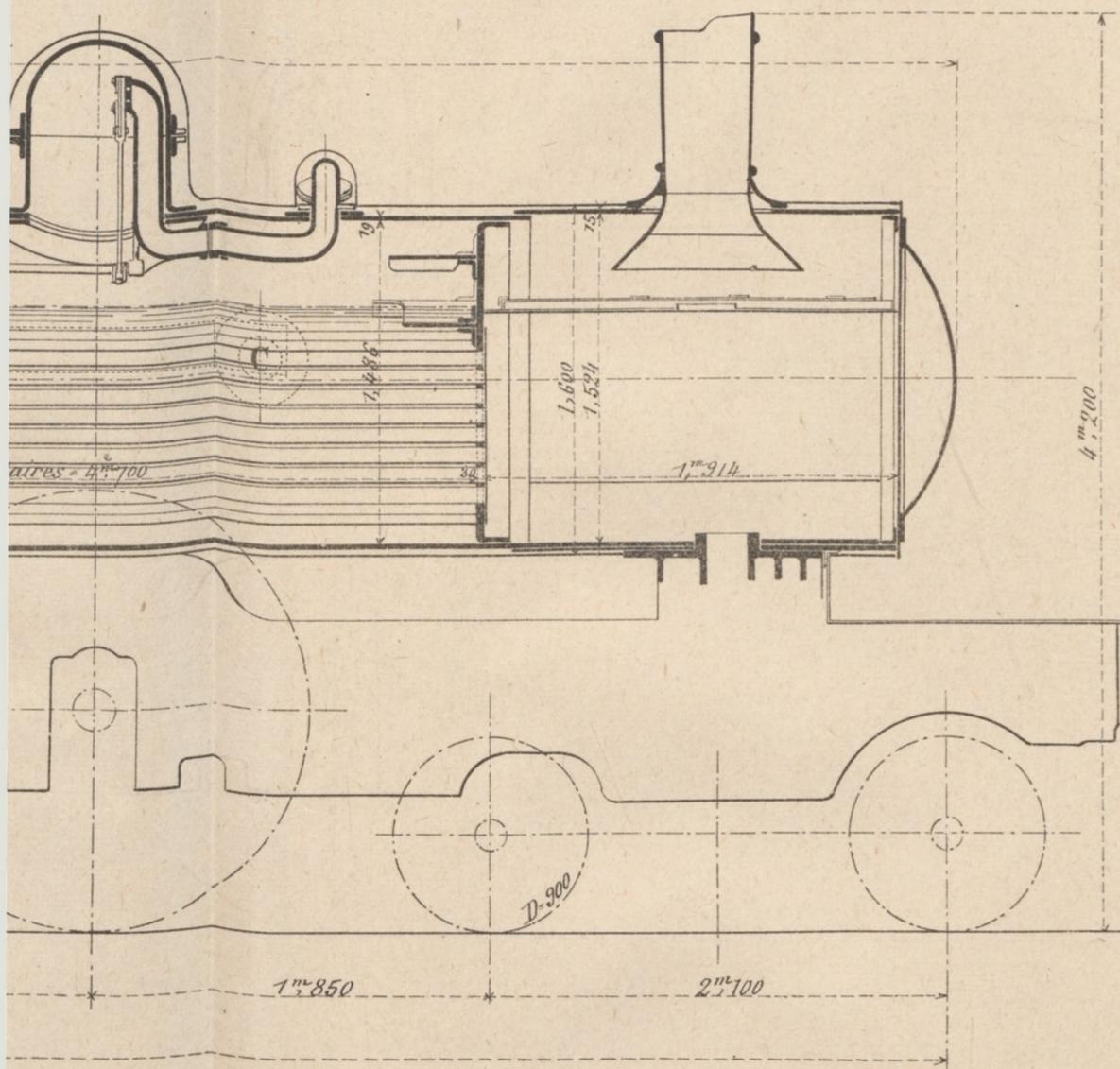
La machine 2.741 munie de sa nouvelle chaudière fut mise en service au mois de septembre dernier. La mise au point de son appareil d'échappement qui, au début, n'avait pas un rendement suffisant dura quelques semaines. Depuis le mois d'octobre, elle est attachée au Dépôt de Paris-La Chapelle ; elle remorque les rapides avec nos Atlantic. Son parcours est actuellement de 32.800 km. environ, et jusqu'ici la tenue de sa chaudière est en tous points excellente (1).

Aucune fuite ne s'est jamais produite à la plaque tubulaire du foyer. D'ailleurs, nous avons pu vérifier l'efficacité des dispositions adoptées pour protéger celle-ci par quelques témoins en terres fusibles, dits montres de Seger, placés en divers points du foyer. Après un train très dur, nous avons constaté que la température à l'entrée des tubes à fumée n'avait pas dépassé 850 à 900°, alors qu'à la partie supérieure du foyer, c'est-à-dire avant que les gaz aient traversé l'écran de tubes et la chambre de combustion, les témoins ont indiqué jusqu'à 1.300°. La température de la boîte à fumée accuse un bon rendement du générateur, car elle ne dépasse pas 360°, même sous de forts tirages allant jusqu'à la dépression de 20 c/m d'eau dans la boîte à fumée. La puissance de vaporisation de la chaudière est élevée ; témoin la courbe de vitesse du train 115 du 7 décembre, Paris-Aulnoye, relevée par l'enregistreur Flaman, et que nous reproduisons en regard du profil de la ligne (Pl. X). Le train avait un poids remorqué de 272 t. 5 ; il était composé de 8 voitures à bogies. A remarquer la rampe de 5^{mm} par mètre de St-Denis à Survilliers franchie à 100 km. à l'heure ; le parcours en palier Compiègne à Tergnier

(1) Une visite très minutieuse après 10.000 km. a montré que l'entartrage des tubes était nul et leurs pieds, bien que plongeant pour certains d'entre eux dans la couche de combustible en ignition, sont encore sans aucune trace d'usure.

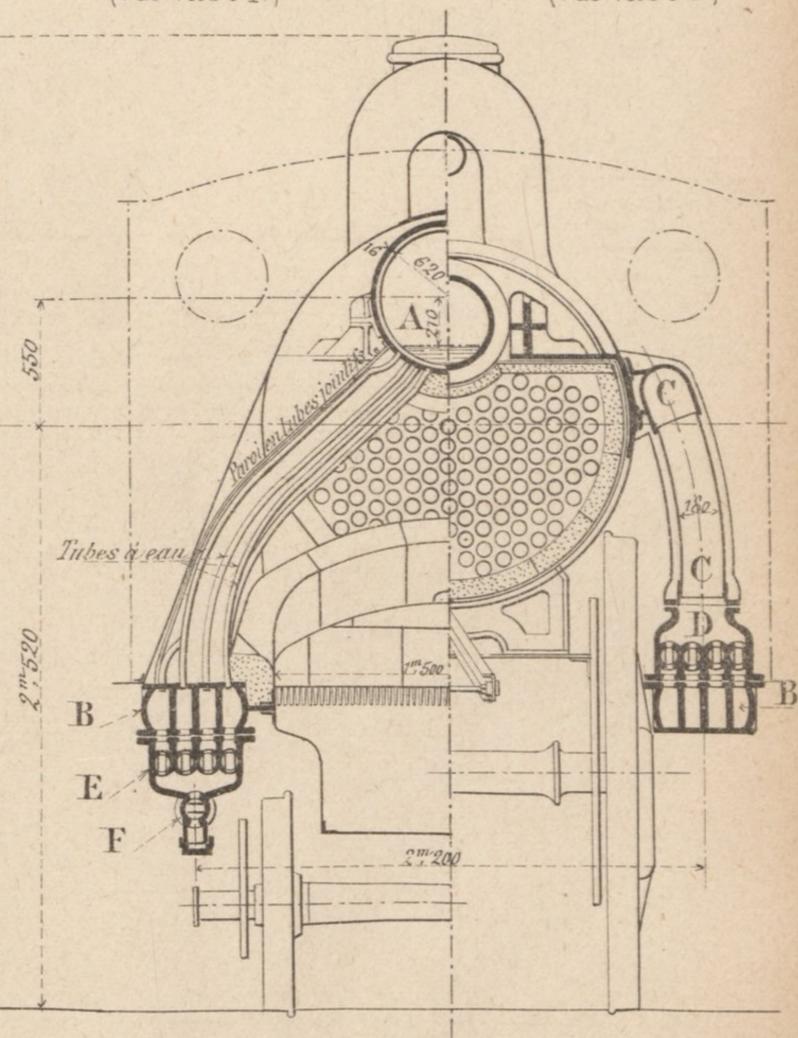
A FEU A TUBES D'EAU (Première disposition)

Echelle 1/40



1/2 Coupe a b
(Vue vers l'A)

1/2 Coupe c d
(Vue vers l'A)



Légende

- A — Collecteur supérieur.
- B — Collecteurs inférieurs, cloisonnés longitudinalement (Acier moule).
- C — Conduites d'alimentation des collecteurs inférieurs.
- D — Boîtes à obturateurs commandant les compartiments des collecteurs inférieurs.
(Lorsqu'une chasse sous pression doit être pratiquée, les obturateurs sont tous fermés ; en marche normale, ils sont ouverts).
- E — Boîtes de vidange à obturateurs.
(Lorsqu'une chasse sous pression doit être pratiquée, les obturateurs sont tous fermés, sauf celui du compartiment correspondant à la rangée des tubes à nettoyer).
- F — Robinets de 80^m/m commandant la chasse.

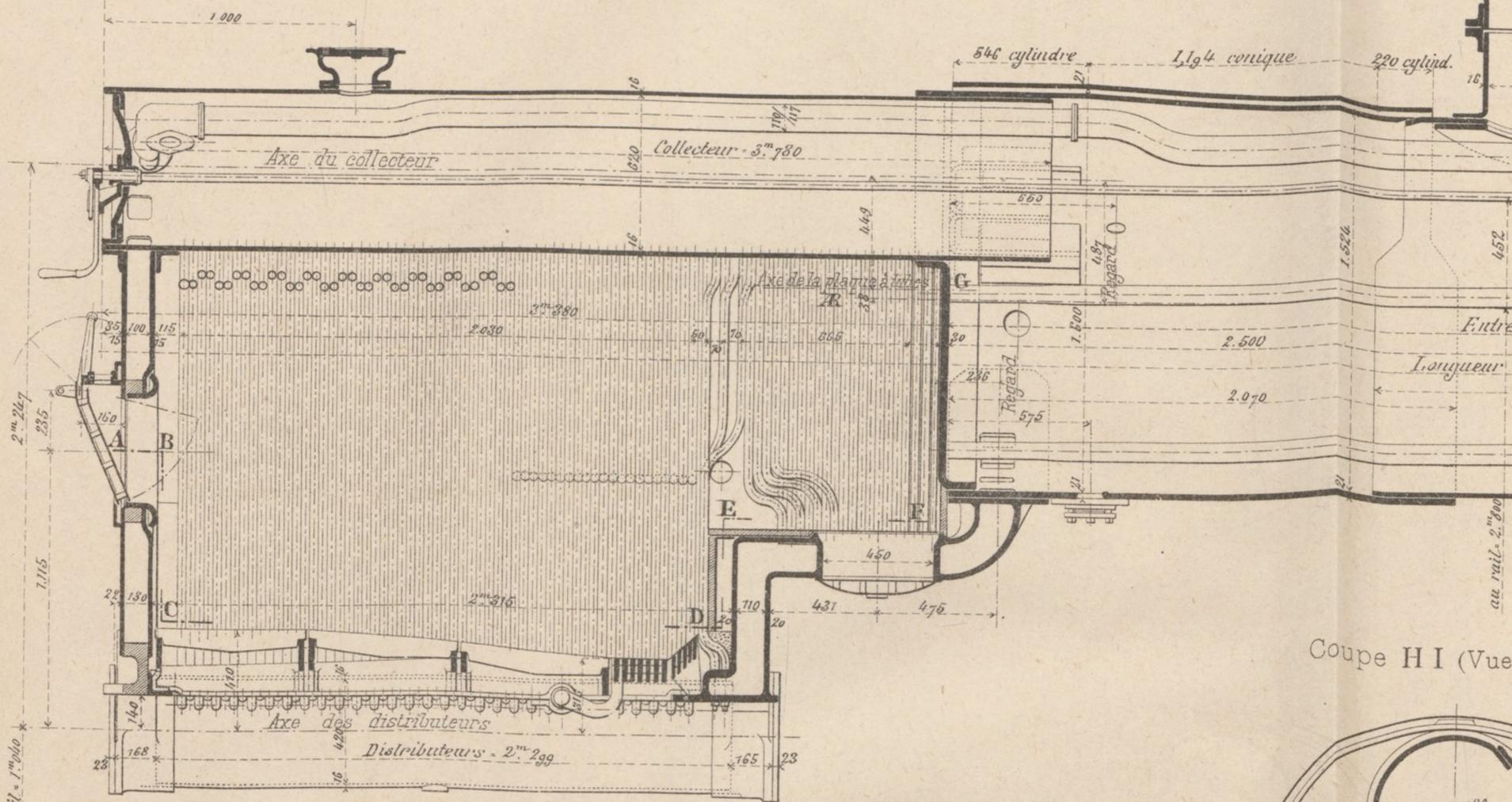
Garnissage en produits réfractaires.

à eau.....	40m ² 00
à fumée.....	230m ² 38
.....	270m ² 38
.....	77
.....	4m ³ 570
.....	2m ³ 380
.....	6m ³ 950

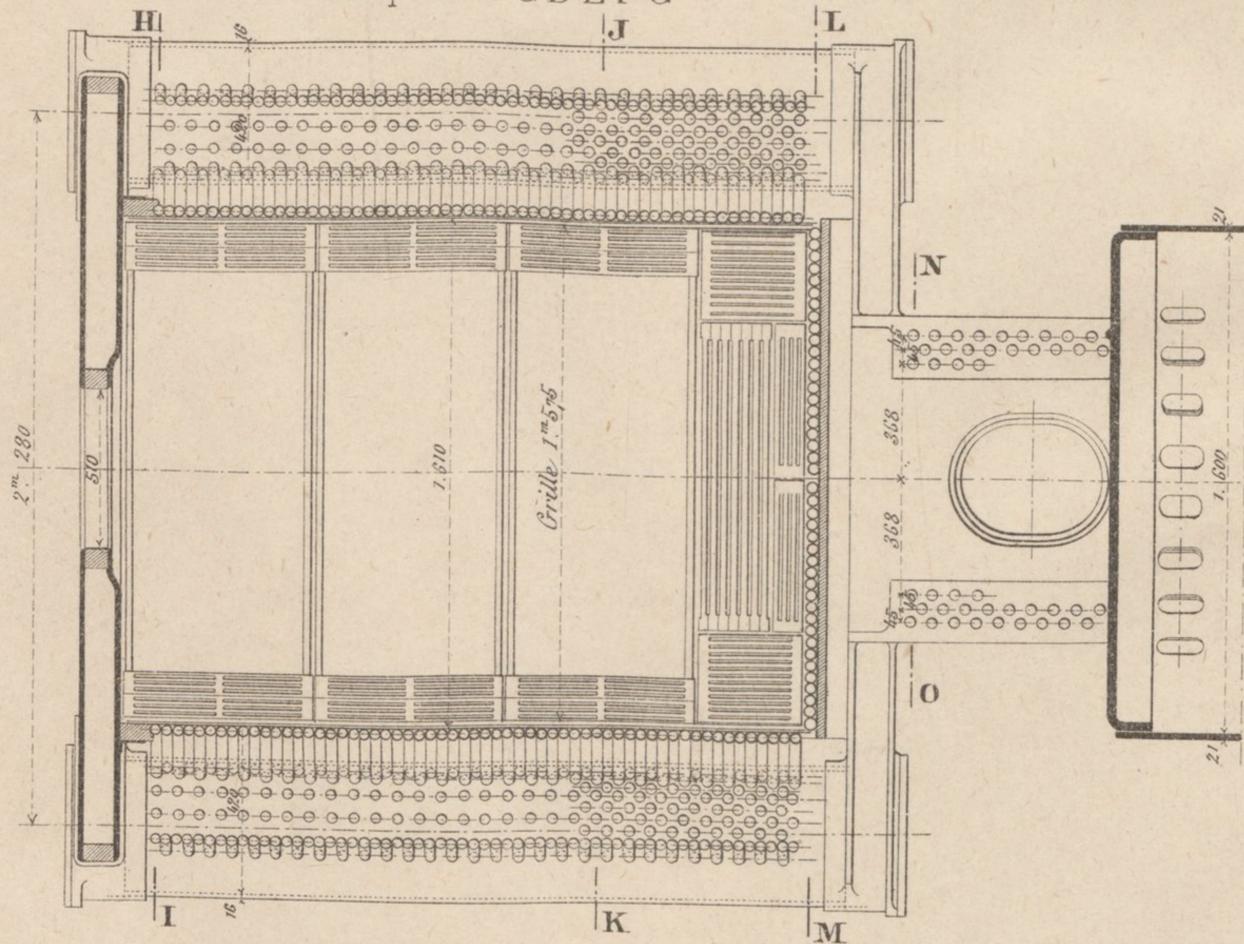
CHAUDIÈRE A BOITE A FEU A TUBES D'EAU (Disp

Echelle 1/30

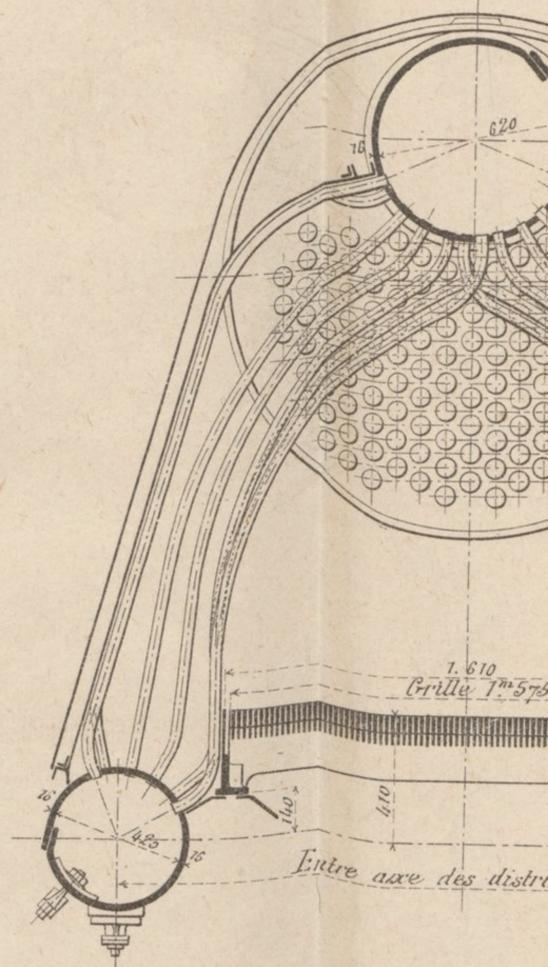
Coupe longitudinale



Coupe ABCDEFG



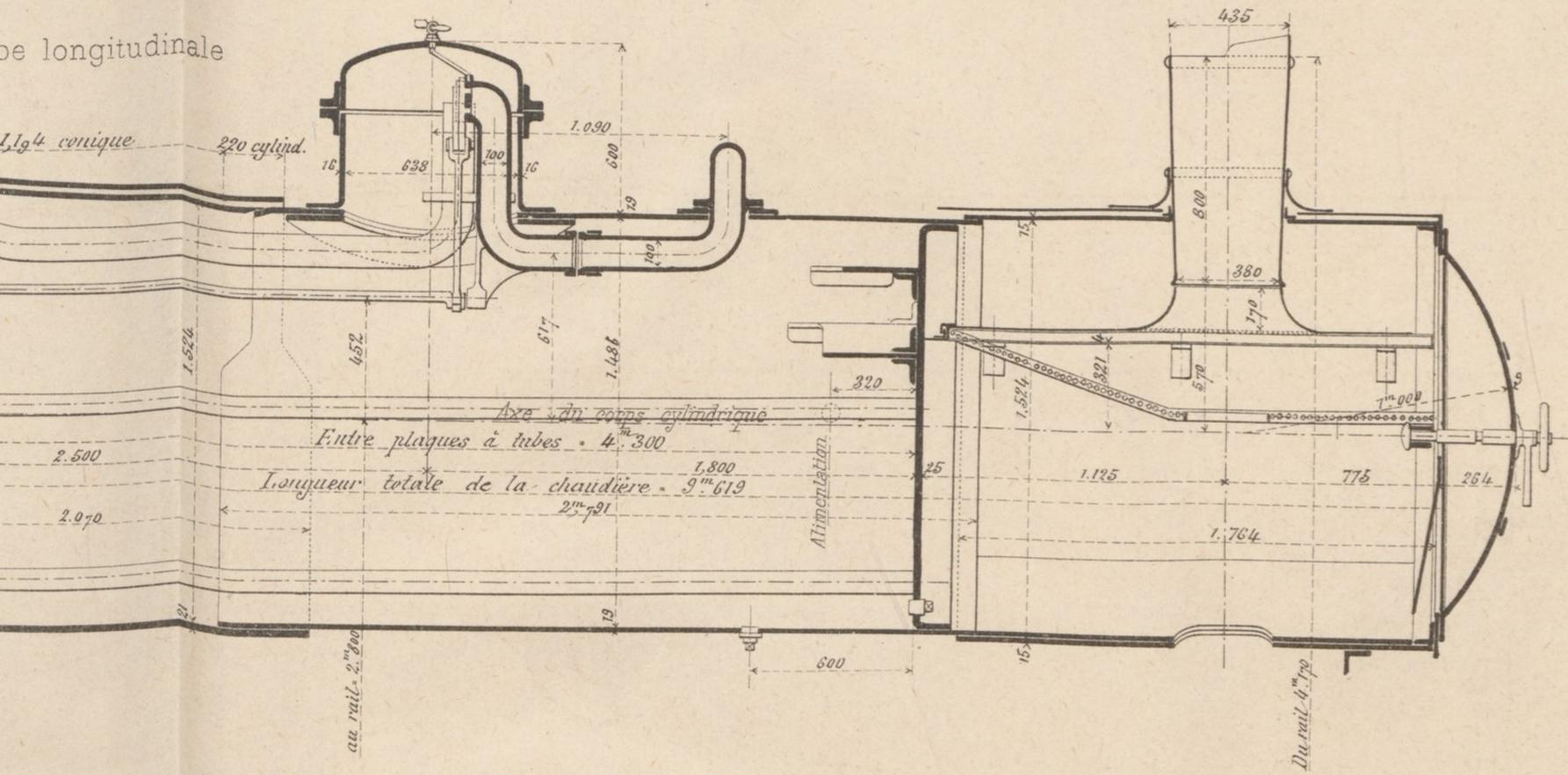
Coupe HI (Vue



A TUBES D'EAU (Disposition Mai 1909)

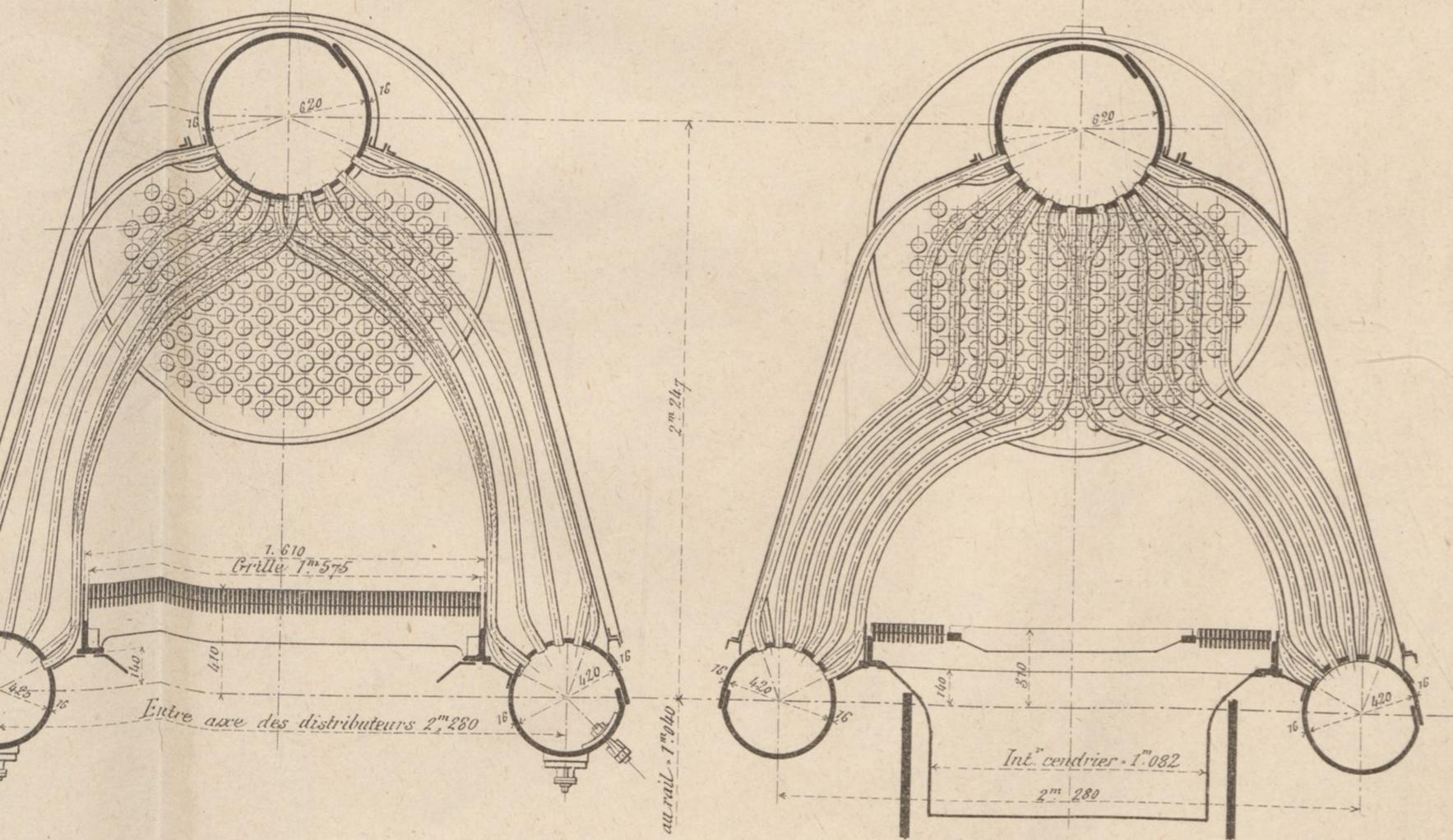
Echelle 1/30

de longitudinale



Coupe H I (Vue de l'Ar)

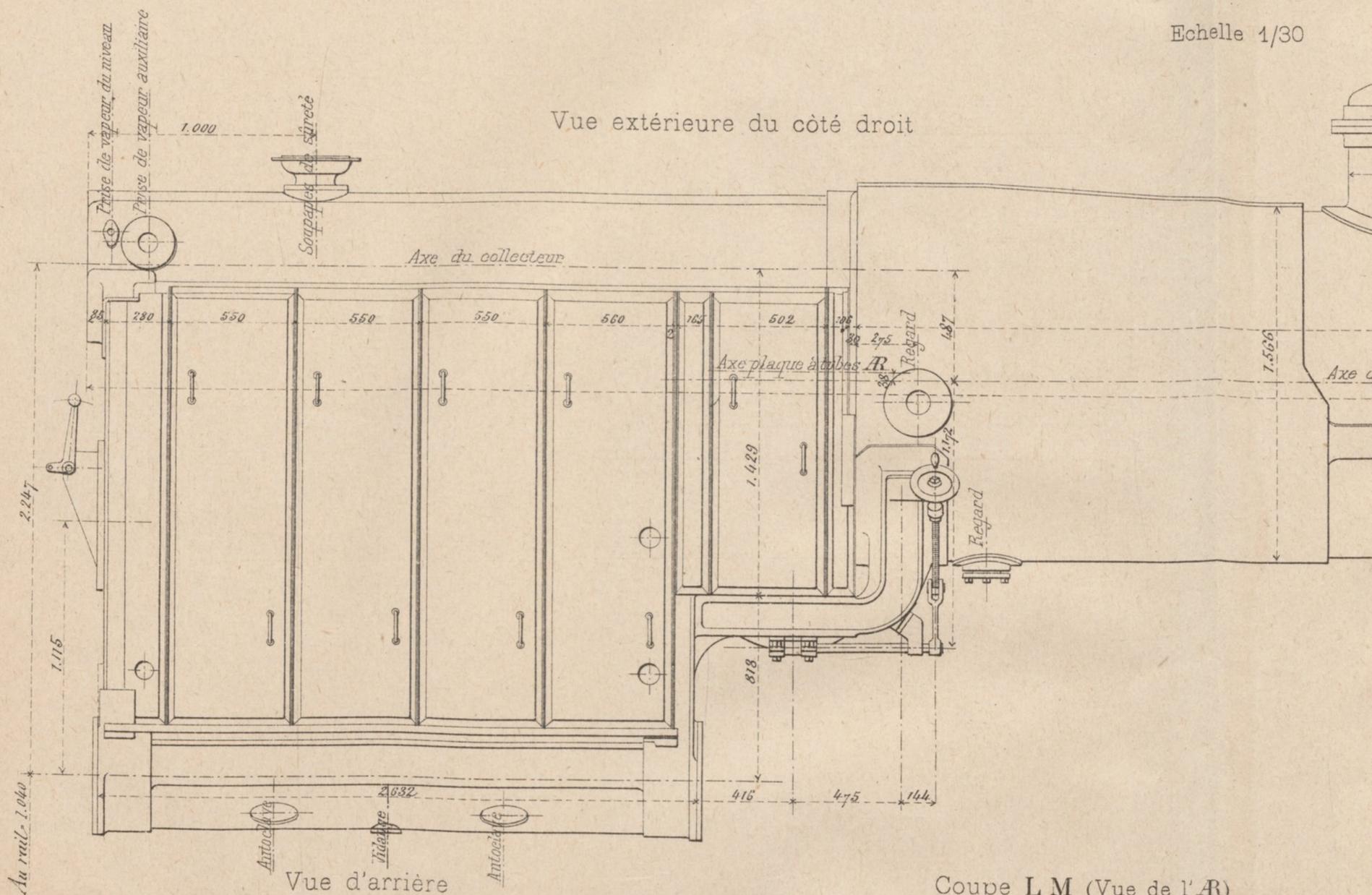
Coupe J K (Vue de l'Ar)



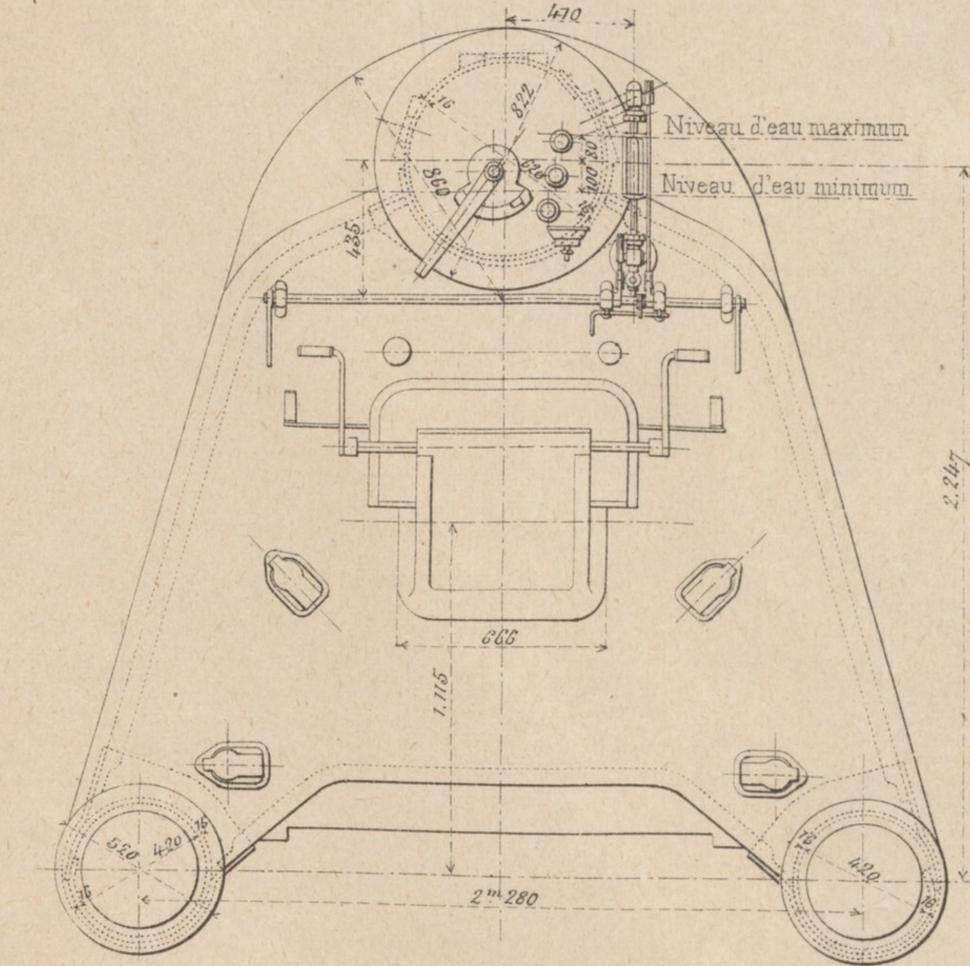
CHAUDIÈRE A BOITE A FEU A TUBES D'EAU

Echelle 1/30

Vue extérieure du côté droit



Vue d'arrière



Coupe LM (Vue de l'AR)

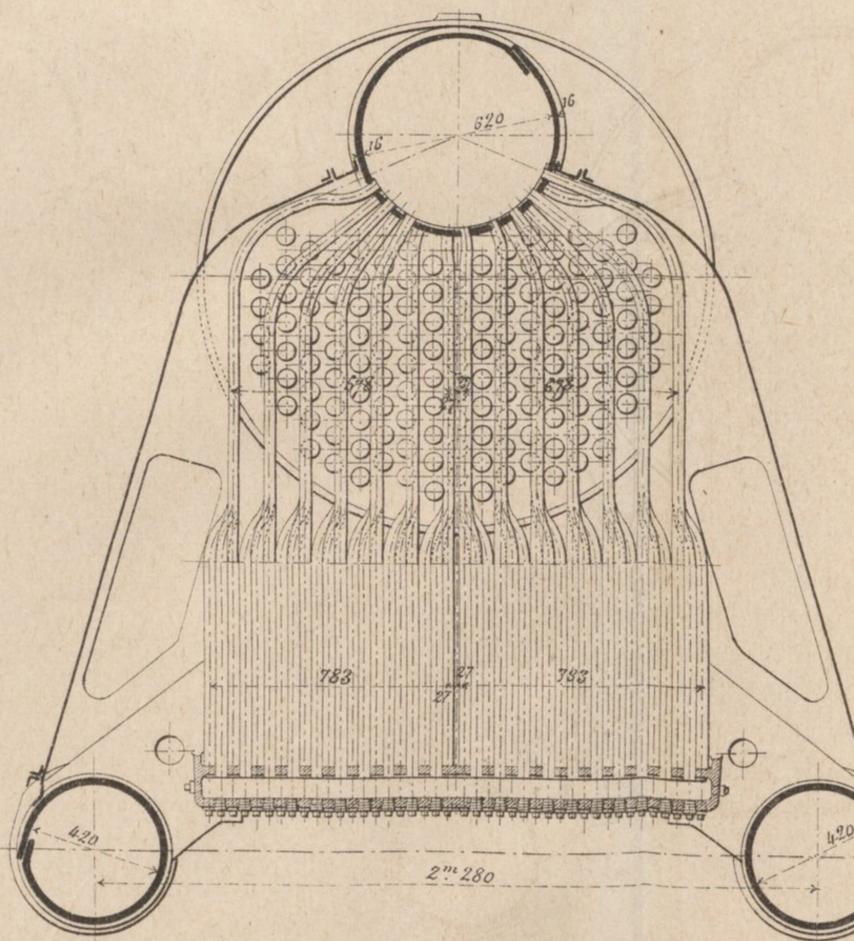
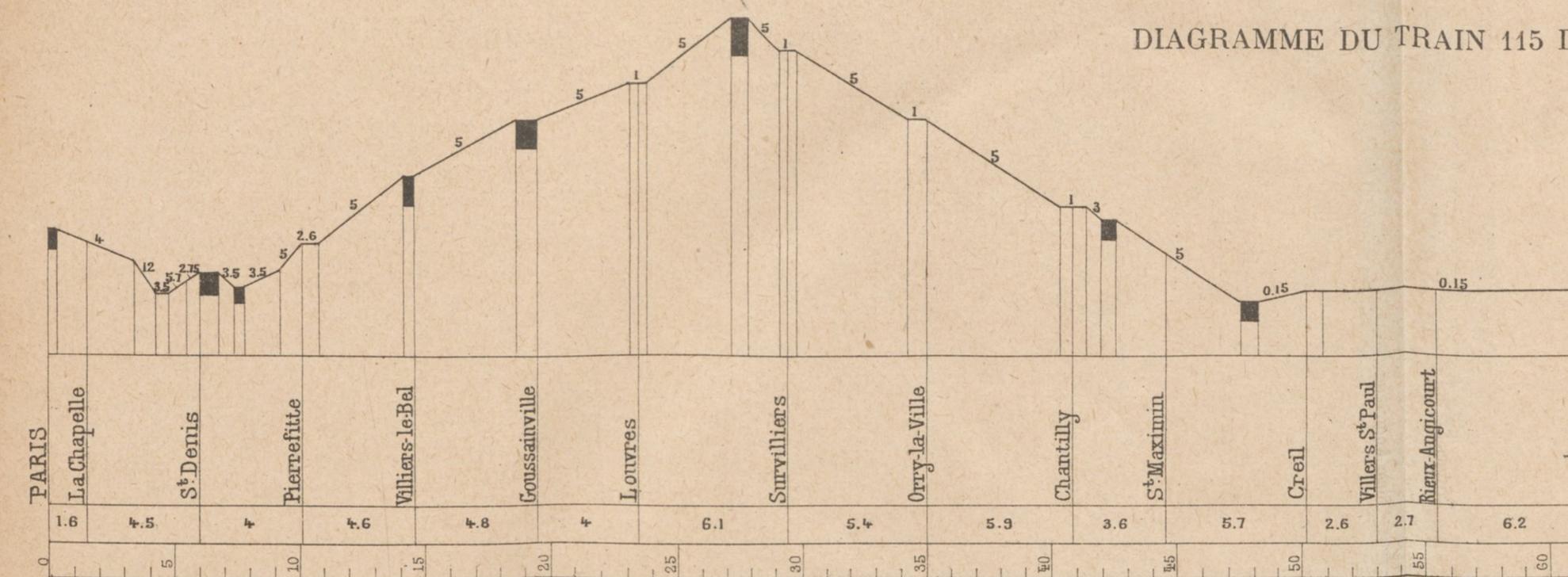
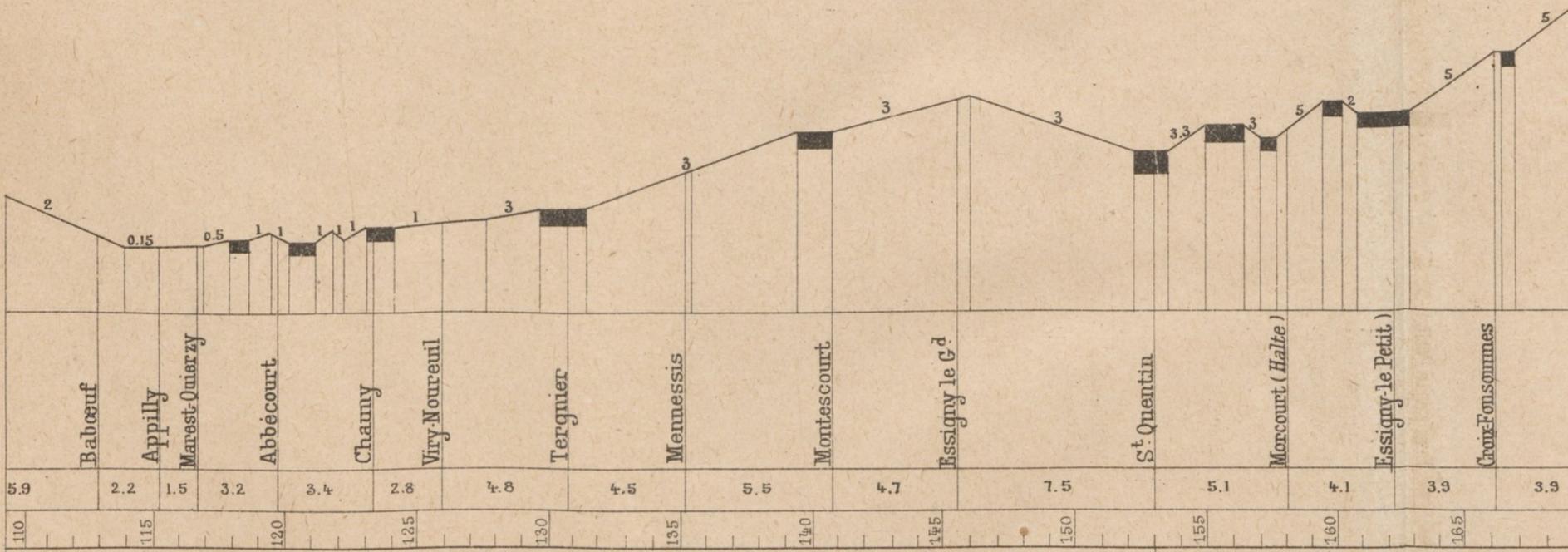
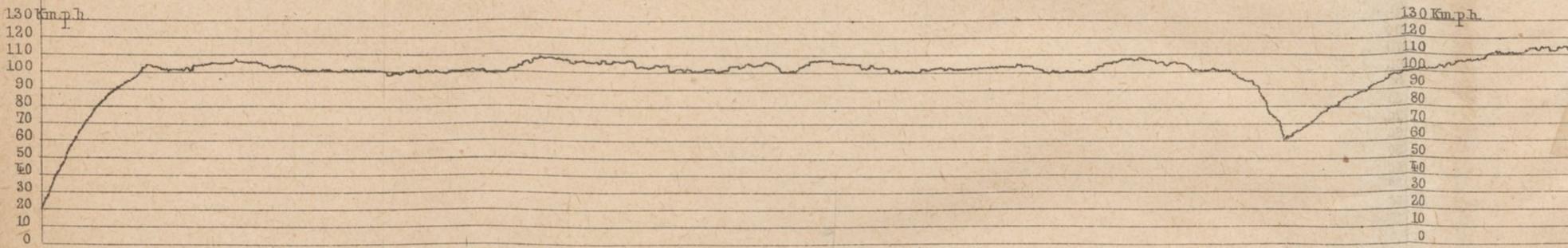


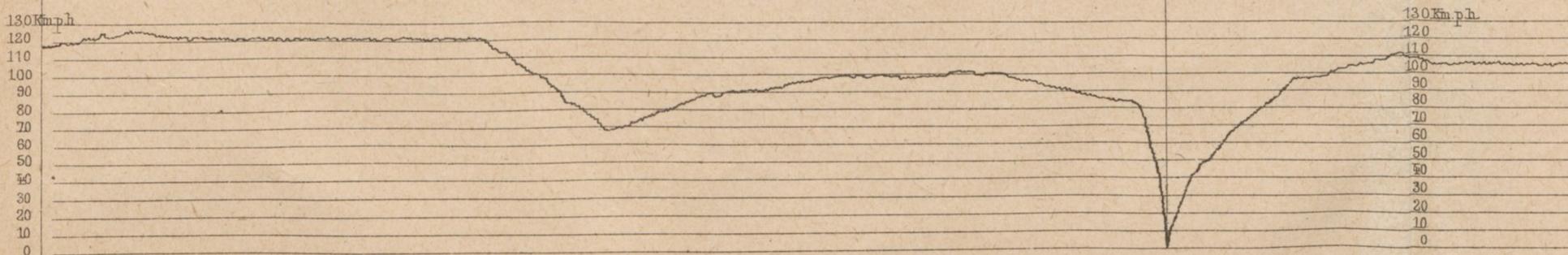
DIAGRAMME DU TRAIN 115 D



Sens de la marche



Sens de la marche



AMME DU TRAIN 115 DU 7 DECEMBRE 1909 REMORQUE PAR LA MACHINE 2.741

(Charge : 272 tonnes 5)

Parcours : Paris-Aulnoye

