

LA LOCOMOTIVE PACIFIC S. 16

A GRANDE VITESSE

DU RÉSEAU D'ALSACE ET DE LORRAINE

Par M. REGNAULD

INGÉNIEUR EN CHEF DU MATÉRIEL ET DE LA TRACTION
DES CHEMINS DE FER D'ALSACE ET DE LORRAINE

(Pl. IX et X)

Le réseau d'Alsace et de Lorraine a fait construire 2 locomotives Pacific (1401 et 1402) à 2 cylindres et distribution à soupapes, qui doivent constituer les prototypes d'essai d'une série.

Le programme consistait à réaliser une machine plus puissante que les Pacific antérieures, très économique d'entretien et pouvant assurer, avec le minimum de consommation de combustible, des trains très rapides, aussi bien que des express lourds sur des lignes dont les rampes les plus fortes sont celles de Saverne à Réding (rampe max. 7 mm) et de Thionville à Luxembourg (rampe max. 13 mm). Le type Pacific a paru le plus apte à répondre à ces desiderata.

L'étude a été faite par l'Office Central d'Etudes de Matériel de Chemin de fer (O. C. E. M.) et la construction réalisée par la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques, sur les bases indiquées par le réseau et qui comportaient notamment : chaudière timbrée à 20 kg ; essieux accouplés chargés à 20 t (60 t de poids adhérent) ; deux cylindres extérieurs, simple expansion avec distribution à soupapes à cames rotatives ; châssis en barres en acier au nickel.

I. — Description de la locomotive S. 16 (Fig. 1).

A. — APPAREIL ÉVAPORATOIRE

La Planche IX et les figures 2 et 3 indiquent les dispositions essentielles de la chaudière. Le foyer est en cuivre, plaque tubulaire comprise.

1° *Particularités de la chaudière.* — a) Cendrier avec poches latérales profondes assurant une arrivée d'air régulière sous toute la grille.

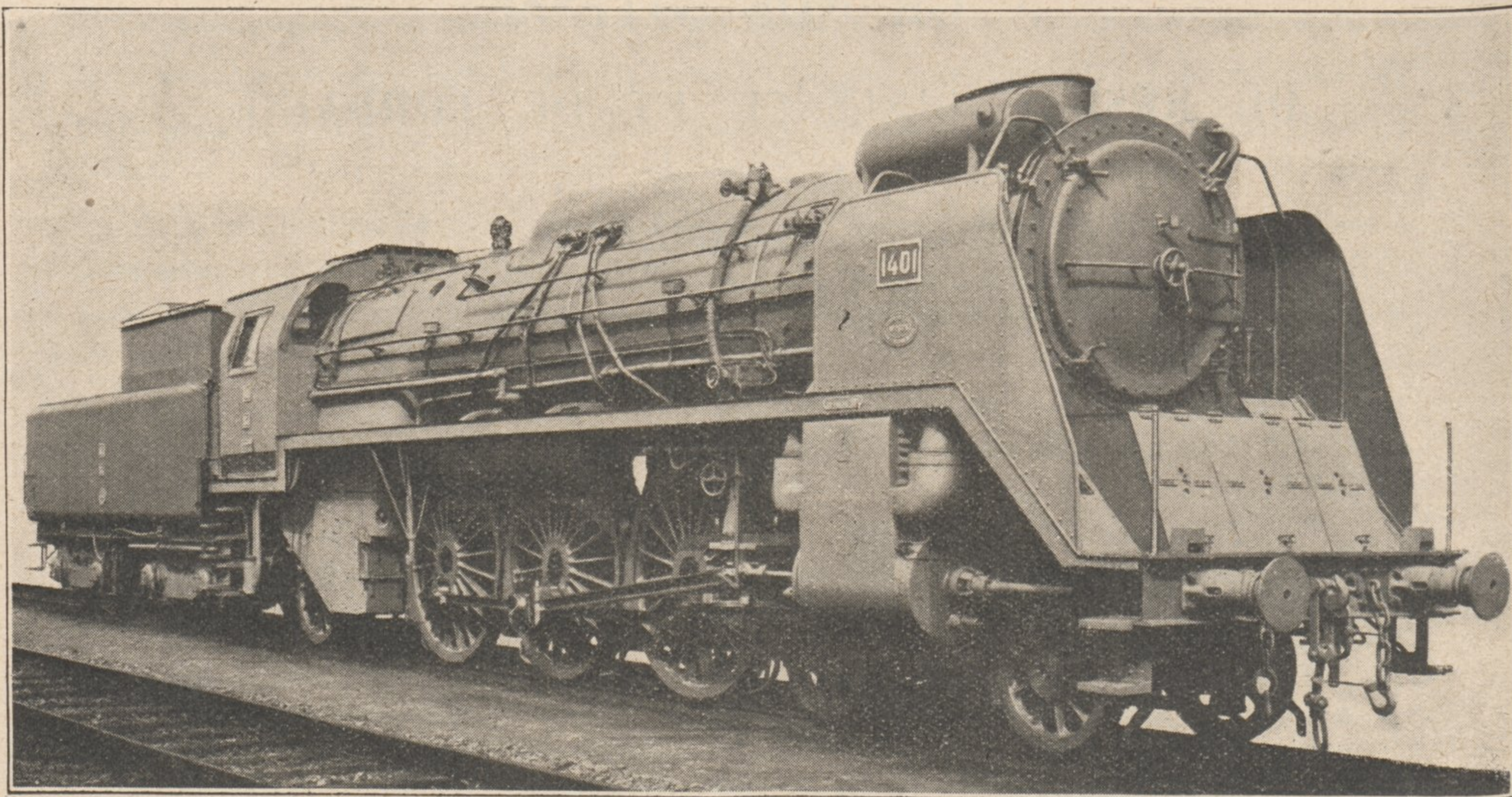
b) Emploi de tôle d'acier doux au nickel procurant malgré le timbre à 20 kg, une notable diminution de poids.

c) Réduction de l'épaisseur de la plaque tubulaire de boîte à fumée : 18 mm au lieu de l'épaisseur habituelle de 25 mm, en vue de diminuer les criques que l'on observe au congé de l'embouti des plaques épaisses.

Plusieurs rangées de tubes sont rabattues sur la plaque de boîte à fumée.

d) Armaturage de la plaque arrière de boîte à feu et de la plaque tubulaire de boîte à fumée par tirants prenant appui sur le ciel de la boîte à feu ou sur le corps cylindrique, disposition qui semble devoir éviter les avaries, difficiles à réparer, se produisant avec les armatures par goussets et cornières.

Fig. 1.



e) Emploi de tirants et entretoises à tête sphérique articulée, dans les parties du ciel et des flancs susceptibles de se déformer le plus.

f) Emploi de tubes supports de voûte.

g) Montage de toute la robinetterie à l'aide de joints métalloplastiques encastrés, suivant les dispositions généralisées par le réseau A. L. sur toutes ses machines.

h) Porte de foyer de dimensions relativement faibles et à un seul volet (largeur 488 mm, hauteur 440 mm).

L'expérience a montré que les dimensions de cette porte étaient suffisantes malgré la largeur de grille de 2 m.

La disposition et la faible masse de cette porte ont permis d'adapter une commande d'ouverture pneumatique, actionnée par une pédale sur laquelle le chauffeur appuie avec le pied (sans aucun effort) au moment où ayant lancé sa pelle, celle-ci va atteindre la porte qui s'ouvre ainsi exactement au dernier moment et se referme dès que la pelle est retirée.

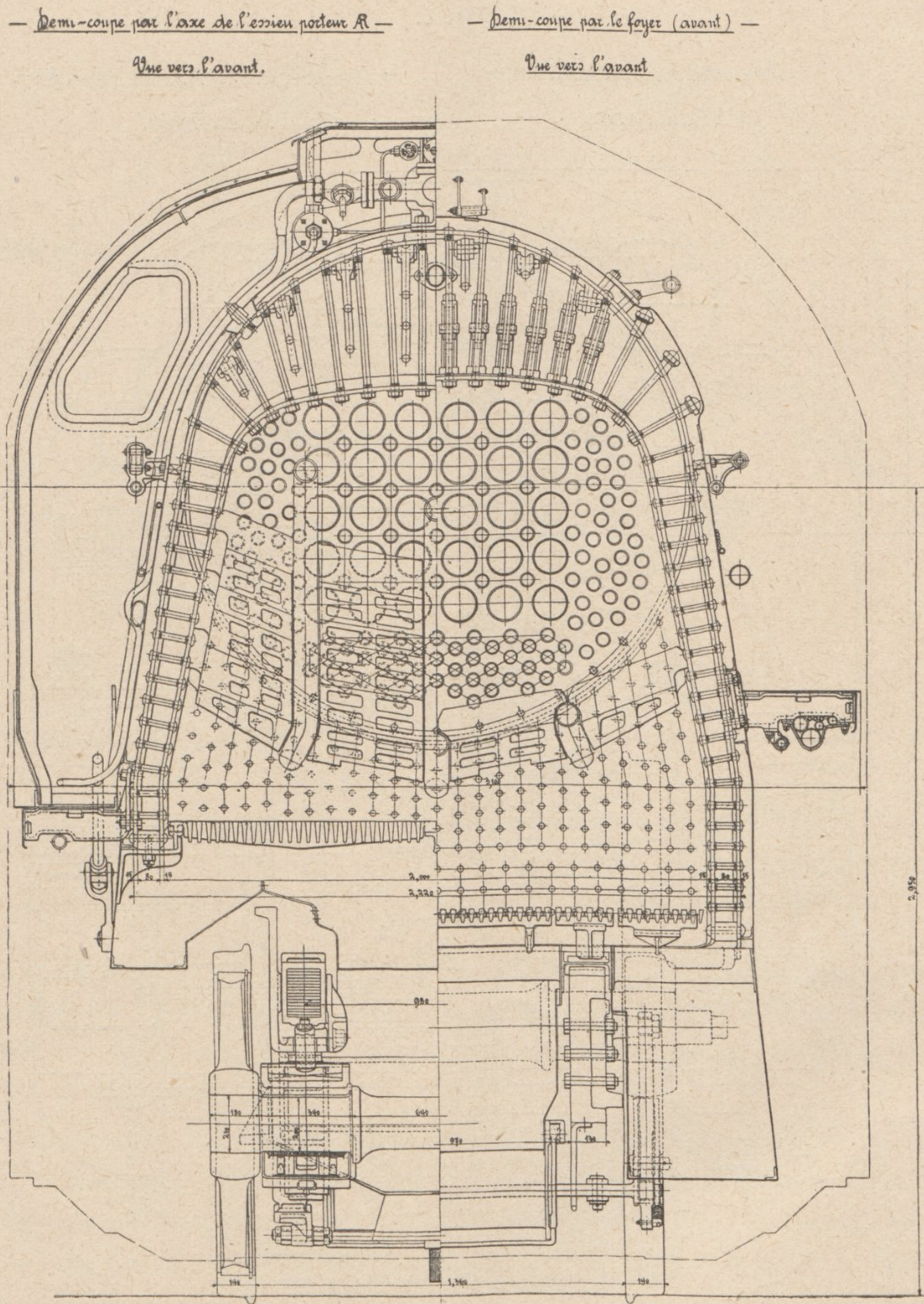
Le travail du chauffeur est ainsi grandement facilité et les rentrées d'air réduites au strict minimum, tant par suite de la surface relativement faible de la porte, que des durées d'ouverture extrêmement réduites.

Enfin, cette installation a permis de réaliser un dispositif extrêmement simple et efficace pour parer aux risques de retours de flamme en cas de fermeture du régulateur ; en effet, la

fermeture du régulateur annule l'arrivée d'air comprimé et la porte ne s'ouvre plus sous l'action de la pédale.

La porte peut, bien entendu, être ouverte à la main comme une porte ordinaire, mais le chauffeur ne se servant jamais de l'ouverture à main quand la machine est en marche, tout risque est évité.

Fig. 2.



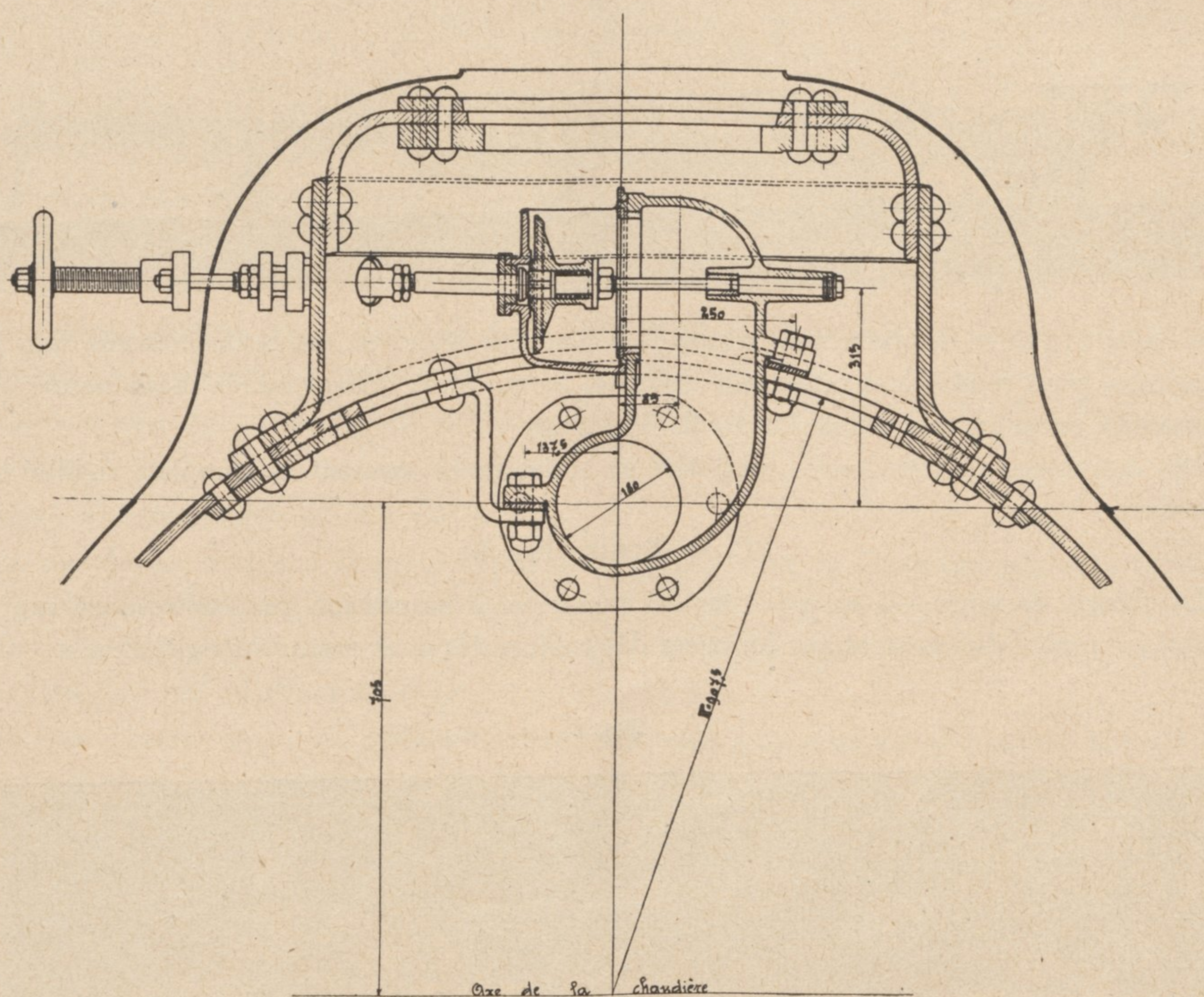
2° *Echappement.* — L'échappement est du type Kylchap double connu.

3° *Surchauffeur.* — Est du type Schmidt à gros tubes et constitué par 30 éléments surchauffeurs de 31 × 38 mm placés dans des tubes de 140 × 148 mm.

La vapeur saturée pénètre d'abord dans la boucle dont le coude est le plus voisin de la plaque tubulaire.

Pour éviter qu'en cas de rupture d'un de ces éléments ou de coïncement d'une soupape du régulateur, la chaudière ne se vide, il a été prévu à l'origine du tuyau de prise de vapeur à l'intérieur du dôme une soupape d'obturation avec volant manœuvrable du tablier de machine (voir Fig. 4). Le détail de cette soupape a été étudié par la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques.

Fig. 4.



Ce régulateur à soupapes d'une manœuvre douce et à ouverture très progressive permet des démarrages faciles et rapides et l'alimentation en vapeur surchauffée de tous les auxiliaires (sauf injecteur) ce qui n'a présenté aucun inconvénient en service courant, en particulier, au point de vue graissage.

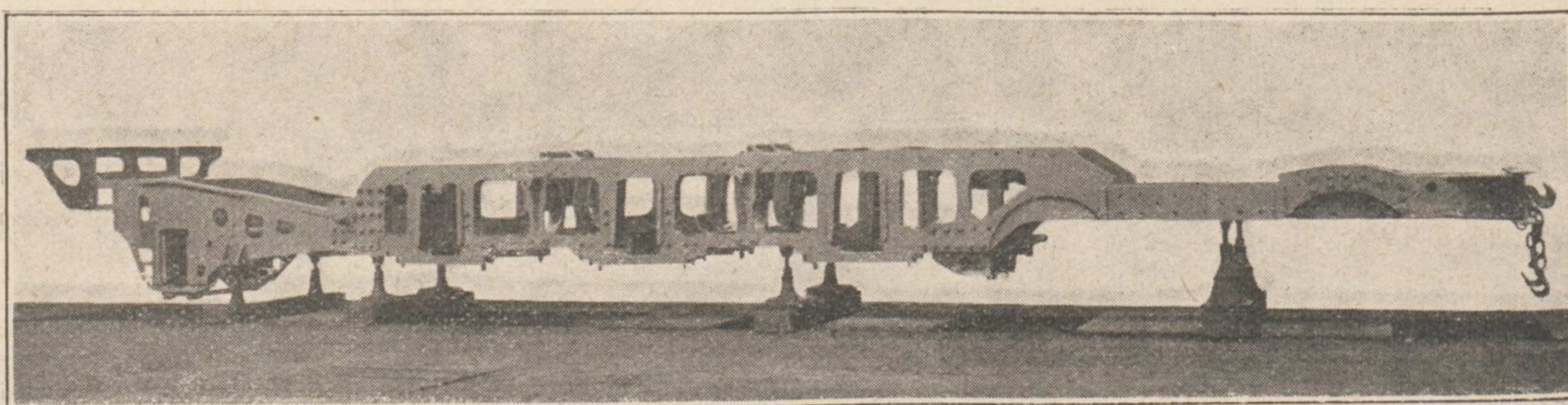
5° Alimentation. — Assurée par injecteur en charge type Thermix Z. C. V. 10 et par une pompe A. C. F. I. type R. M. identique à celles existantes sur nos locomotives Pacific S 14. Cette pompe n'a pu pour des raisons de répartition de poids, être installée sur le tablier de la machine comme sur les séries précédentes, mais à l'avant, devant la boîte à fumée, sous capot amovible.

B. — CHASSIS (Fig. 5)

L'adoption de deux cylindres seulement exigeant un châssis particulièrement robuste et rigide, il a été prévu des longerons en barres qui, par ailleurs, présentent en service courant, des avantages que nous avons déjà constatés sur nos machines à marchandises type G 12, en particulier au point de vue de la suspension.

Les deux longerons, en acier au nickel, ont 130 mm d'épaisseur et sont reliés :
à l'arrière : par un berceau en acier moulé formant à la fois support arrière de chaudière, caisson d'attelage et guidage de l'essieu porteur ;

Fig. 5.



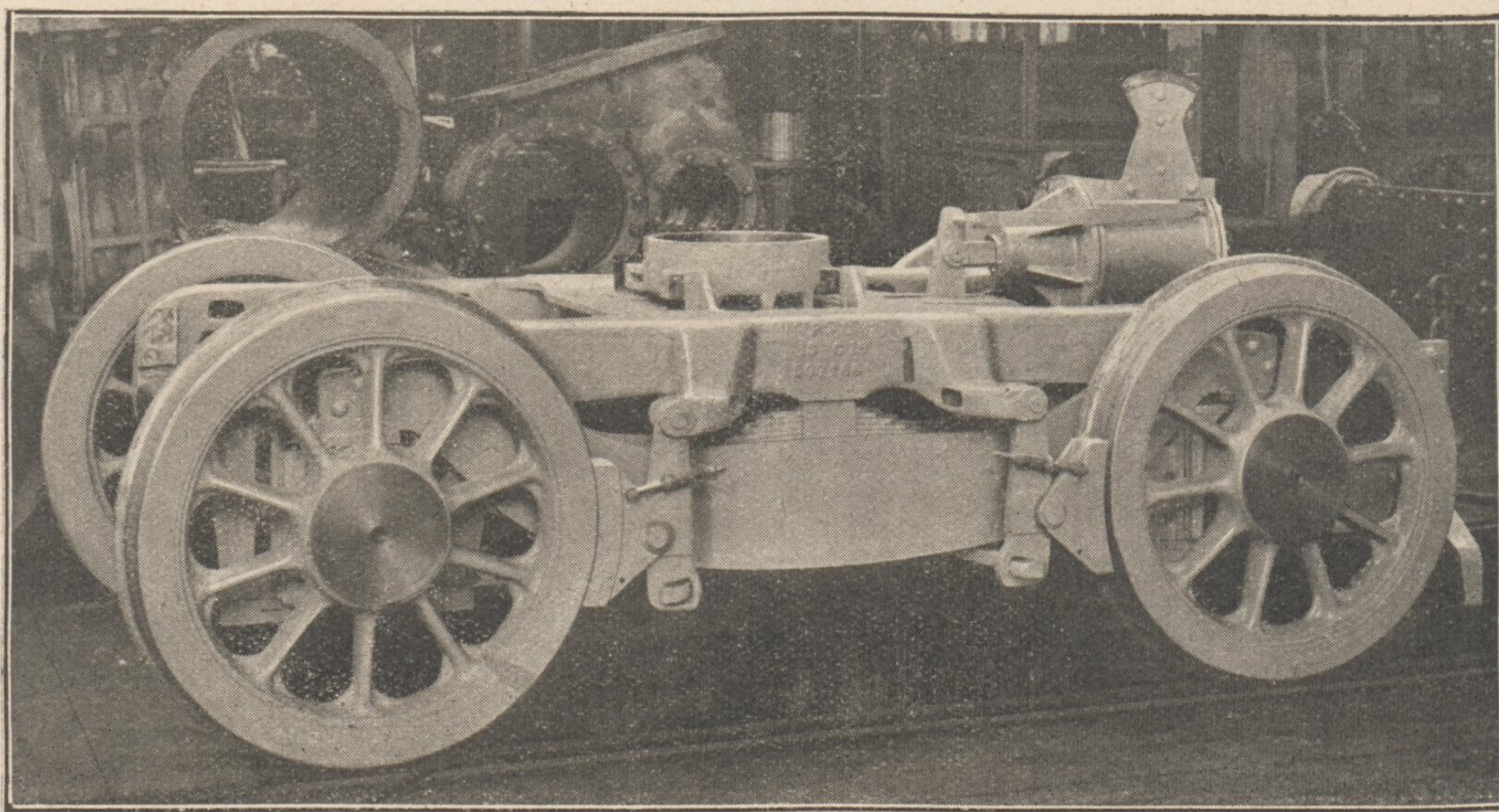
à l'avant : par le caissonnement avant et le bloc des cylindres, qui sont encastrés dans les longerons, pour rendre la fixation très robuste, ce qui était indispensable, étant donné que la pression sur un piston est de l'ordre de 50 tonnes.

Des entretoises intermédiaires verticales et horizontales assurent la complète rigidité du châssis.

C. — BOGIE (Fig. 6).

Le châssis de bogie est en acier moulé monobloc, à suspension par bielles avec rappel initial ; il repose directement sur les bases des colliers des deux ressorts longitudinaux.

Fig. 6.



D. — BISSEL

L'essieu arrière a un jeu latéral de 55 mm. Initialement, il ne comportait aucun rappel, mais, en service, ce dispositif ayant provoqué des chauffages, on a appliqué un rappel par plans inclinés aux boîtes à huile de cet essieu.

E. — ATTELAGE

L'attelage entre machine et tender est un attelage central du type américain qui maintient bien la machine et permet l'accouplement et le désaccouplement rapides.

F. — MOUVEMENT MOTEUR

1^o *Cylindres*. — Les cylindres horizontaux sont en acier moulé, avec chemise rapportée en fonte au nickel (Pl. X). Cette disposition a permis, en plaçant sur une des deux machines des chemises plus épaisses, d'avoir des cylindres de diamètres différents (540 sur la 1402 et 575 sur la 1401) en vue de déterminer le diamètre optimum d'après la comparaison des consommations aux différentes puissances et différentes vitesses.

Les blocs cylindres sont assemblés dans l'axe de la machine suivant disposition de nos machines « Consolidation » américaines.

Les conduites de vapeur ont été spécialement étudiées pour réduire au minimum les pertes de charge.

La course des pistons est de 0,720 m.

La tige de piston a une longueur suffisante pour permettre la visite des segments et leur remplacement sans avoir besoin de décroiser ; à cet effet le plateau avant est serré sur le cylindre par une couronne en acier forgé, ce qui permet de faire glisser le fond de cylindre sans être gêné par les pièces du bogie.

En outre, cette disposition permet d'éviter l'enlèvement des goujons de fixation du plateau au cylindre lors du rodage du plateau sur son siège.

Les garnitures des tiges de pistons sont du type Pb-Cu, d'un usage courant sur le réseau A.-L. pour toutes les machines à surchauffe.

Les cylindres sont graissés sous pression par un graisseur mécanique Wakefield, placé à proximité du cylindre côté droit, avec anti-carbonisateurs.

Le graissage des cylindres se fait en deux points, une arrivée à chaque fond de course.

En outre, le graisseur Wakefield graisse également les garnitures de pistons mais bien entendu sans interposition d'anticarbonisateurs.

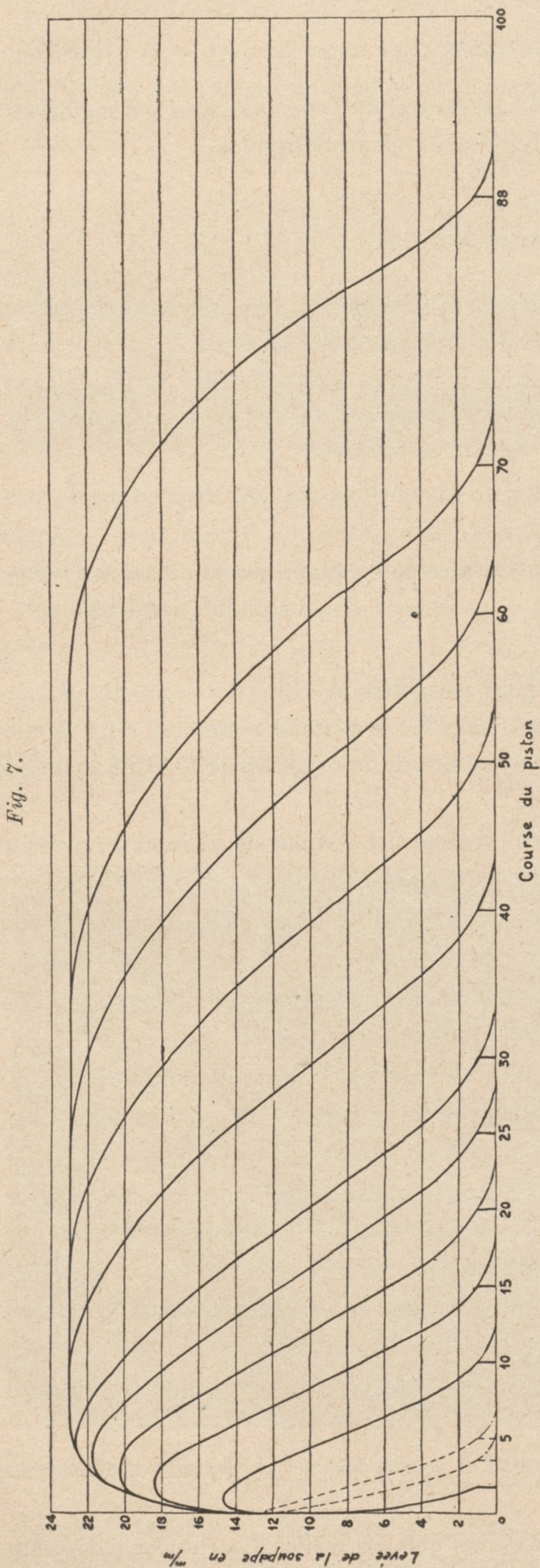
Les dessous de boîtes motrices sont réglés, suivant une disposition qui a fait ses preuves sur d'autres séries de machines du Réseau A.-L. et qui était particulièrement utile dans le cas des S. 16, eu égard à l'importance des efforts transmis.

Les dessous des boîtes des roues motrices et du bogie peuvent se démonter sans être obligé de retirer les entretoises de plaques de garde.

Les bielles d'accouplement sont du type à bagues, très économique comme usinage et entretien.

Les bielles motrices sont avec petite tête à bague et grosse tête à cage fermée et coussinets réglables.

A signaler que le graissage tant des bielles motrices que des bielles d'accouplement se fait par interposition de feutre suivant procédé généralisé sur toutes les machines A.-L.



Les glissières sont doubles pour éviter les efforts d'inertie dissymétriques sur la tige de piston et donner plus de facilités pour le graissage et l'entretien.

Les roues en acier moulé, sont étudiées pour parer aux efforts du retrait à la jonction des rayons et de la jante.

A noter la toile reliant les rayons voisins du bouton de manivelle.

La partie suspendue de la locomotive repose sur cinq points d'appui :

- le bogie..... 1 point
- le bissel 2 points
- les essieux accouplés..... 2 points.

2° *Distribution.* — La distribution est à soupapes avec cames rotatives du type Caprotti.

Ce type a été adopté à la suite d'une expérience très concluante effectuée sur une de nos locomotives P 8 (type 2-3-0 à deux cylindres) et qui avait été équipée en 1931 d'une distribution Caprotti.

Les résultats ont été entièrement satisfaisants.

A signaler que, depuis sa mise en service avec son nouvel équipement, cette locomotive a parcouru au 1^{er} Janvier 1935 120 000 km, sans qu'il y ait eu à toucher aux boîtes et sans provoquer le moindre incident.

Nous ne donnerons pas ici la description complète de la distribution Caprotti qui a déjà fait l'objet de notices. Nous signalerons seulement quelques points spéciaux et tout particulièrement ceux par lesquels la S.16 diffère des applications antérieures.

Tout d'abord le diagramme figure 7 ci-contre et le tableau N° 1 ci-après donnent les levées des soupapes en fonction de la position du piston pour les différentes admissions.

TABLEAU I.

LEVÉES DE SOUPAPE EN FONCTION DU DEGRÉ D'ADMISSION.

SENS de MARCHÉ	ADMISSION EN %	SOUPAPES Admission	SOUPAPES Echappement	SENS de la MARCHÉ	ADMISSION EN %	SOUPAPES Admission	SOUPAPES Echappement
		mm	mm			mm	mm
	Fond de course	23	34		5	12,6	34
	70	23	34		10	14,7	34
	60	23	34		15	18,4	34
	50	23	34		20	20,3	34
	40	23	34		25	21,8	34
Marche N.	30	22,6	34	Marche R.	30	22,6	34
	25	21,8	34		40	23	34
	20	20,3	34		50	23	34
	15	18,4	34		60	23	34
	10	14,7	34		70	23	34
	5	12,6	34		Fond de course	23	34
Point mort	4	11,5	34				

Ils montrent que, même aux admissions les plus faibles, les levées sont suffisantes pour éviter un laminage appréciable de la vapeur.

a) *Soupapes.* — Ce sont toutes les soupapes d'un diamètre nominal de 200 mm, à double siège et à tiges verticales ainsi que le montre la figure 8. Chacune d'elles portant les sièges de la soupape correspondante, forme avec sa lanterne, sa tige et son guide, un tout indépendant que l'on peut démonter et remonter, soit pour remplacement, soit pour réparation (ajustage ou rodage) sans toucher à quoi que ce soit d'autre. Le bloc cylindre ne porte que les surfaces d'appui M et O des lanternes et des couvercles des boîtes à soupapes.

Le sens de circulation de la vapeur est tel que l'admission se fait par l'extérieur de la soupape, disposition toute différente de celle antérieurement appliquée. Elle conduit à donner au siège supérieur un diamètre plus grand qu'au siège inférieur (pour une ouverture de soupape de haut en bas) pour que la pression de la vapeur ne tende pas à provoquer l'ouverture de la soupape quand celle-ci est fermée. Cette disposition a été adoptée pour rapprocher le plus possible les soupapes des cylindres, réduire les espaces morts et améliorer le tracé des canaux de vapeur.

Elle exige un artifice de fabrication qui est le suivant : le siège inférieur N de la soupape, qui est plan, fait partie d'un anneau P, qui repose par un siège conique M sur le corps du cylindre. Cet anneau P est façonné dans le bloc même de la soupape dont il reste inséparable, du fait de son diamètre et est vissé dans la lanterne qui porte le siège conique supérieur R.

L'angle du siège conique supérieur avec le plan du siège inférieur et la forme de la cloche de soupapes ont été déterminés de telle façon que malgré les déformations de la soupape dues aux différences de pressions et de températures, les contacts N et R se maintiennent toujours simultanés. Cette détermination a été faite par une étanchéité sous pression hydraulique de 35 kg à froid, qui donne une bonne étanchéité en service pour une pression de 20 kg, étanchéité plus spécialement indispensable pour une machine à deux cylindres.

Le rappel des soupapes est assuré par la vapeur qui, dérivée de la chambre de la soupape-pilote du régulateur, est amenée sous des petits pistons S solidaires des tiges des soupapes

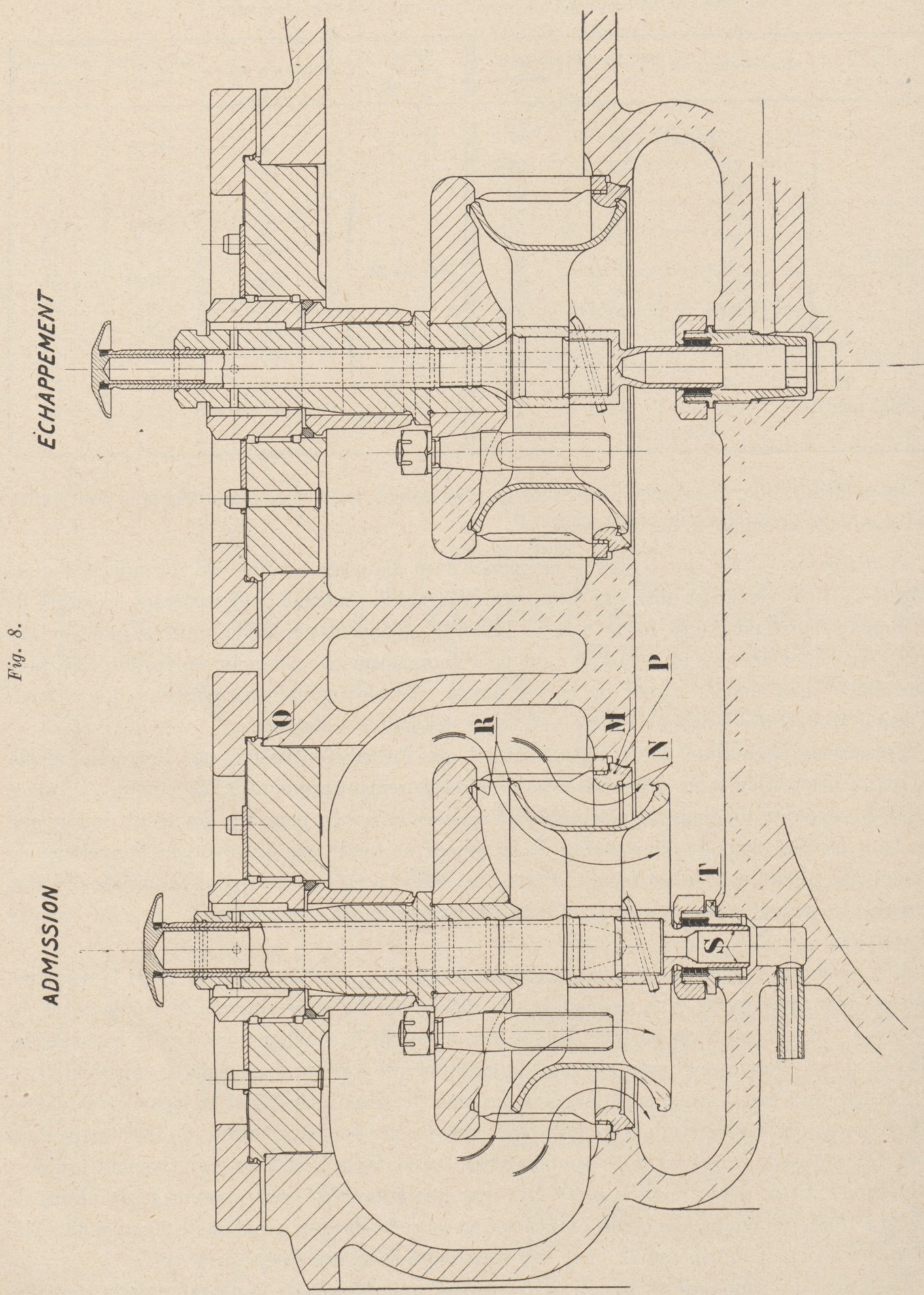


Fig. 8.

ECHAPPEMENT

ADMISSION

elles-mêmes. Ces pistons se meuvent dans des douilles T contenant un empilage de bagues susceptibles de se déplacer latéralement si un désaxement éventuel venait à l'exiger.

Ce système constitue un by-pass simple, automatique (les soupapes tombant sous leur propre poids dès que l'on ferme le régulateur et rentrant en action dès qu'il est réouvert si peu que ce soit) et de très grandes dimensions.

Ce dispositif de rappel a donné lieu au début à incidents provoqués par l'eau condensée dans la conduite de vapeur, l'inertie de cette eau empêchant, à partir d'une certaine vitesse, la fermeture correcte des soupapes et introduisant une résistance anormale lors de leur ouverture.

Une modification très simple de cette conduite a supprimé tout incident ; il a suffi de prolonger cette conduite jusqu'à la boîte à vapeur de manière à créer en marche une circulation continue, par différence de pression entre régulateur et boîte à vapeur, qui évite toute accumulation d'eau et ce, sans entraîner aucune perte.

Par précaution supplémentaire, un purgeur automatique a été ajouté sur l'ensemble des conduites de rappel de chaque cylindre.

Soupapes et lanternes sont en acier ou chrome-nickel et guides en acier nitruré.

b) *Prise de mouvement.* — Schématisée sur la figure 9. Elle se compose d'une boîte de renvoi A portée par l'essieu accouplé avant et d'une boîte de renvoi symétrique double B, reliées par un arbre tubulaire et deux joints à la cardan dont l'un est télescopique. Les deux arbres transversaux D, D' tournent, l'un D dans le même sens que les roues accouplées, l'autre D en sens inverse, ce qui permet d'utiliser des boîtes identiques et interchangeables à gauche et à droite.

L'arbre à cames de chaque boîte n'est pas dans le prolongement de l'axe D D', mais désaxé de 2,5 mm vers l'avant. Ceci a pour but de transformer le mouvement uniforme de rotation de l'essieu en un mouvement non uniforme, de façon à obtenir malgré l'obliquité des bielles motrices, des phases de distribution identiques sur les deux faces du piston.

La distribution Caprotti assure une avance et une compression constantes à tous les crans de marche, pour une forme donnée des cames. Pour modifier ces taux, il faut donc changer les cames. A titre d'essai, on a réalisé sur la 1401, un dispositif permettant de modifier en marche le taux de compression. Ce dispositif consiste à couper l'arbre B C et à intercaler un écrou tournant avec les deux bouts d'arbre, écrou dont le déplacement longitudinal, commandé par le mécanicien, décale un bout d'arbre par rapport à l'autre.

G. — CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DE LA LOCOMOTIVE

Le diagramme représenté à la figure 10 donne les caractéristiques principales de la locomotive S.16.

Fig. 9.

SCHÉMA DE LA PRISE DE MOUVEMENT

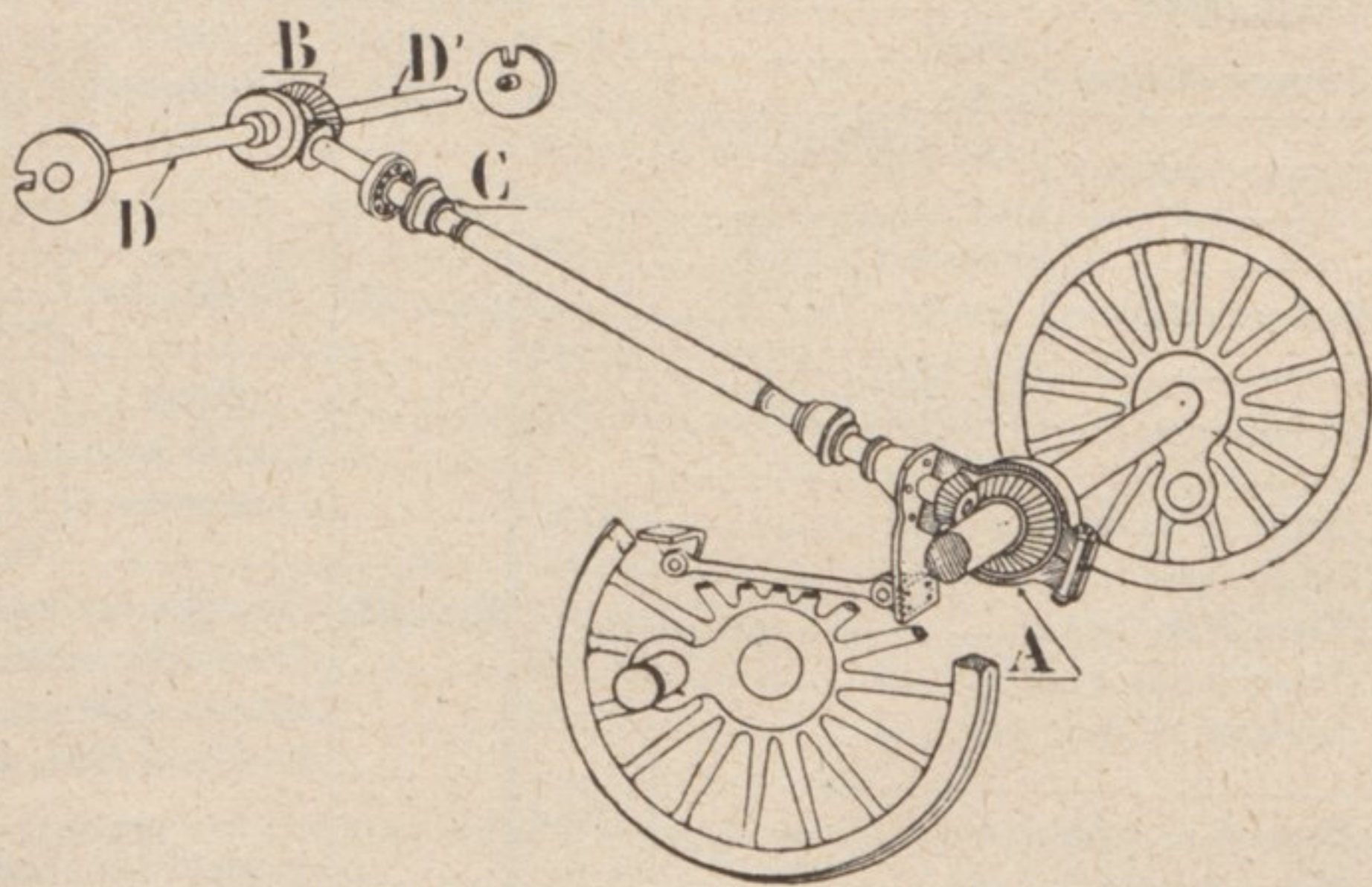
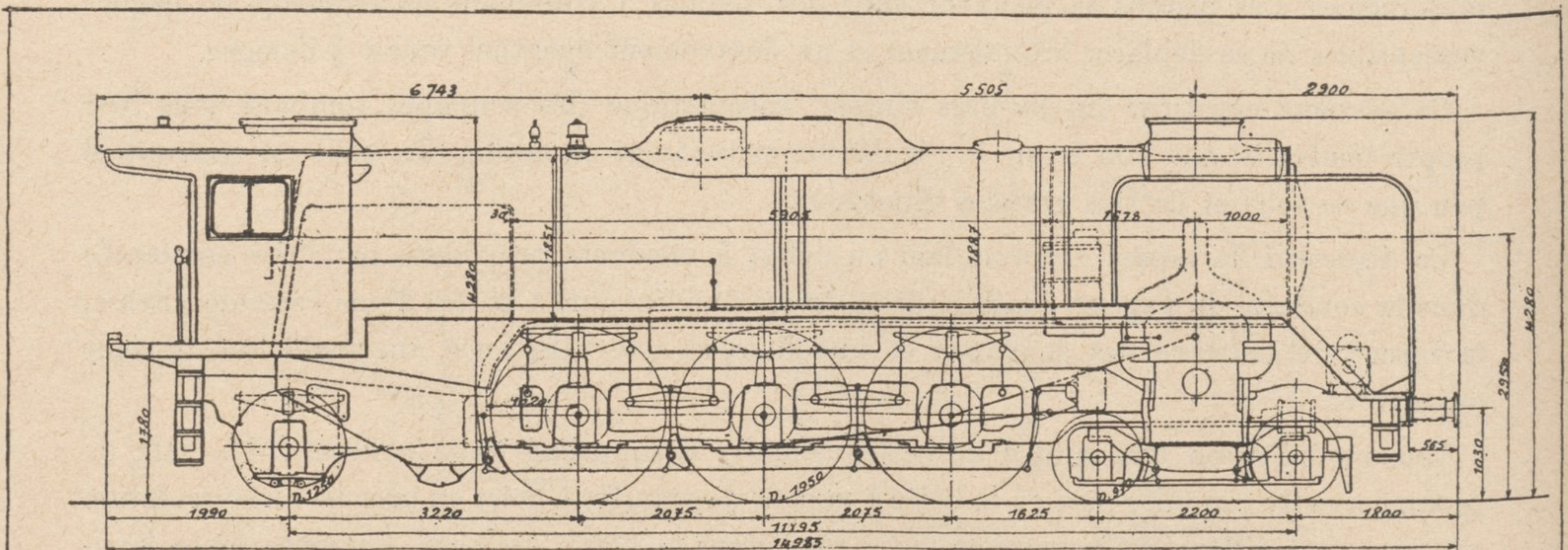
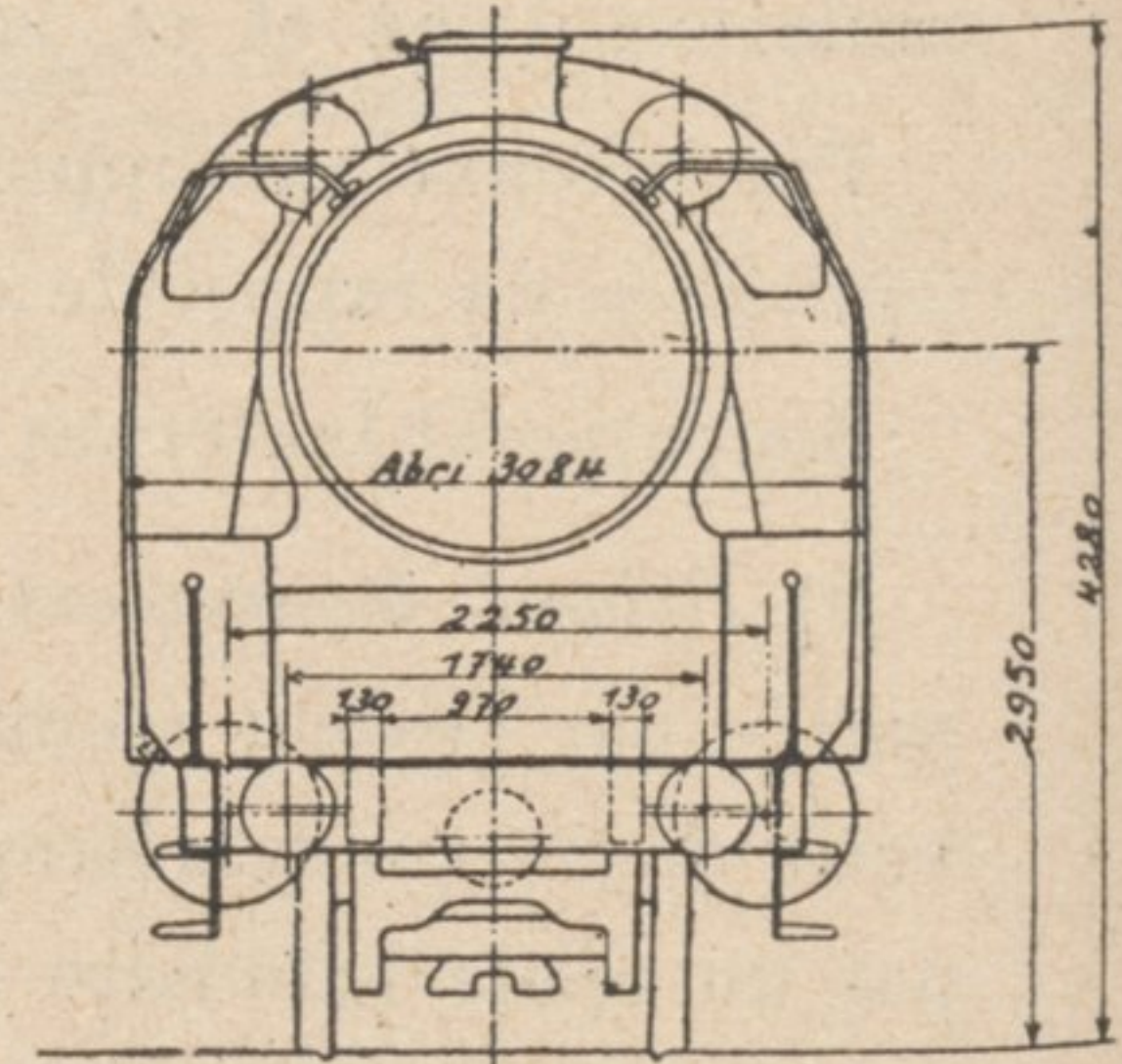


Fig. 10.



CHAUDIÈRE		Timbre	p.	20 ^{HP}	Essieux		Désignations	Diamètre des essieux à la jante	Fusées			Poids d'un essieu monté
GRILLE	Longueur	2m 250	Largeur	2m 000	Surface	4m ² 50	1 ^{er} et 2 ^e essieu	0m 820	280	170	1m 080	4222 ^x
	Inclinaison	17,1°										
SURFACE DE CHAUFFAGE	Surface de chauffe du foyer	18,7 m ²										
	Surface de chauffe des tubes	205,0										
SURCHAUFFEUR	Surface de chauffe totale	223,7										
	Surface de surchauffe	73,8										
VOLUMES	Eau dans la chaudière à 100 mm au dessus du nivel. du foyer	9,563										
	Vapeur	3,811										
	Total	13,374										
TUBES	Longueur des tubes entre plaques	5m 906										
	Tubes de 140/148 mm	30										
	Tubes lisses de 50/55 mm	137										
	Éléments surchauffeurs de 31/38	30										
FOYER	Cuivre rouge											
	Longueur intérieure	en haut	2m 247									
		en bas	2 250									
	Largeur intérieure	en avant de la chaudière	1 580									
		en bas	2 000									
Hauteur intérieure	du cadre	à l'A	2 078									
	du cadre	à l'R	1 648									
	au-dessus de l'axe de la chaudière	à l'A	0 395									
	au-dessus de l'axe de la chaudière	à l'R	0 389									
ÉPAISSEURS DES TÔLES	Peroirs latéraux du foyer	0m 015										
	Ciel du foyer	0 015										
MECANISME	Plaque R du foyer	0 015										
	Plaque tubulaire du foyer	0 030										
	Enveloppe de boîte à feu	0 015										
	Plaque N de boîte à feu	0m 018										
	Plaque R de boîte à feu	0 015										
	Plaque tubulaire de boîte à fumée	0 018										
	Corps cylindrique	Virule R	0 018									
		Virule N	0 018									
	VOÛTES EN BRONZE CHEMINÉE	Longueur	1 085									
		Diamètre minimum	2 x 0 423									
SECTIONS DE PASSAGE	De l'air à travers le cendrier	0,30										
	Des gaz à travers les gros tubes Q ₂	32,57										
	des petits tubes Q ₁	26,89										
	de la vapeur à travers le faisceau surchauffeur Q ₂	59,46										
RAPPORTS	De la vapeur à travers le faisceau surchauffeur Q ₂	2 28										
	$\frac{Q}{P} = 0,991$ $\frac{Q}{G} = 0,132$											
APPAREILS DE SÛRETÉ	Soupapes	Nombre	2									
		Diamètre	0m 1018									
APPAREILS D'ALIMENTATION	1 Injecteur universel type Thermix Z.C.V. 10											
	1 Réchauffeur d'eau d'alimentation A.C.F.I. (type R.M.)											
CENTRE DE GRAVITÉ	en avant du 4 ^e essieu											
	(Poids en ordre de marche)		0,250									



PARTICULARITÉS DE LA MACHINE

- Entrefoises rivées en BRONZE STONE ou BRONZE MANGANESE
- Virules de corps cylindrique en ACIER AU N° 2-3 (sp. 18) ou en CHROME-CUIVRE
- Grille oscillante
- Surchauffeur à chambres séparées Ramoneur de tubes Dalmat
- Soupapes de sûreté O.C.F.M.
- Réchauffeur d'eau d'alimentation A.C.F.I. type R.M.
- Injecteur universel type Thermix Z.C.V. 10
- 2 Niveaux d'eau "Boisard" 1 Robinet de jauge
- Robetterie unifiée "A.L."
- Echappement "Kylchap" double
- Porte de foyer à mouvement pneumatique
- Régulateur à soupapes multiples type C.2
- Langerons en barres laminées de 130 mm d'épaisseur
- Atelage R type américain Plateforme de chargement type "EST"
- Bogie à rappel initial
- Essieu porteur R à déplacement rectiligne
- Distribution par soupapes système "Caprotti"
- Frein à air comprimé "Westinghouse" automatique et modérateur
- Pompe à air bi-compound
- 2 Manomètres "Triplex" 2 manomètres "Duplex"
- Graisings mécanique pour mécanisme
- Sablère à air comprimé "Leach Viloco"
- Chauffage par la vapeur
- Indicateur de vitesse système "Flaman" éclairage à l'acétylène
- Appareil avertisseur-enregistreur de sig. type A.C.F.I.
- Enveloppe calorifuge

Poids	Machine à vide	97820 ^x
	Eau chaude au niveau réglementaire	8680
	Combustible sur la grille avec 0m 15 ép.	650
	Sable	250
	1 ^{er} essieu	18000
	2 ^e essieu	18000
	3 ^e essieu	20000
	4 ^e essieu	20000
	5 ^e essieu	20000
	6 ^e essieu	17600
	Total	127400

II. — Essais effectués et résultats obtenus.

Les essais ont été effectués avec la locomotive 1402 ayant des cylindres de 540 mm de diamètre (contre 575 mm à la locomotive 1401).

Cette locomotive a été soumise, du 20 Avril au 24 Juin 1934, à des essais entre Strasbourg et Mulhouse suivant la méthode d'expérimentation dite « à vitesse et admission constantes ».

Le train d'essai était composé :

- a) de la locomotive d'essai ;
- b) du wagon dynamomètre de l'O. C. E. M ;
- c) de deux locomotives régulatrices (loc. S. 10), Type 2-3-0 ;

La production horaire de vapeur destinée à l'alimentation des cylindres a été fixée à 13.500 kg correspondant à une puissance brute de vaporisation horaire d'environ 60 kg par m² de surface de chauffe, taux considéré comme normal, en service.

Elle est la somme :

1^o de la quantité d'eau prise au tender par l'injecteur et par la pompe A. C. F. I. (moins 2 % correspondant à l'alimentation de la pompe A. C. F. I. d'après essais préliminaires).

2^o de la quantité de vapeur prélevée sur l'échappement pour le réchauffage de l'eau d'alimentation dans les corps de réchauffage A. C. F. I.

Des compteurs ont été installés :

- a) sur la conduite d'aspiration au tender de l'injecteur ;
- b) sur la conduite d'aspiration au tender de la pompe à eau froide du réchauffeur A. C. F. I. ;
- c) sur la conduite de refoulement à la chaudière de la pompe à eau chaude du réchauffeur A. C. F. I.

La somme des relevés $a + c$ représente la quantité d'eau introduite dans la chaudière, soit la production de vapeur.

La somme des relevés $a + b$ représente la quantité d'eau prélevée au tender, soit la consommation d'eau.

La pompe à air de la locomotive d'essai a été mise hors circuit, l'alimentation des réservoirs principaux étant assurée par la pompe à air de la première locomotive régulatrice.

D'autre part, comme indiqué plus haut, il a été tenu compte de la quantité de vapeur nécessaire à l'alimentation des pompes A. C. F. I.

La production de vapeur de 13 500 kg/h servait donc uniquement à l'alimentation des cylindres à vapeur.

Des essais préliminaires avaient permis de déterminer les crans d'admission correspondant à la consommation de vapeur de 13 500 kg/h et aux vitesses respectives de 60, 75, 90, 100 et 110 km/h, vitesses adoptées pour les essais définitifs.

Ces crans d'admission étaient de :

20 % pour 60 km/h	13 % pour 100 km/h
16 % pour 75 km/h	12 % pour 110 km/h
14 % pour 90 km/h	

Relevés et calculs effectués.

α. — CHAUDIÈRE

1^o *Pression dans la chaudière.* — La pression dans la chaudière a oscillé entre 20 et 20,5 kg/cm².

2^o *Température de l'eau d'alimentation et coefficient d'utilisation dans le réchauffeur A.C.F.I.* — La température de l'eau d'alimentation fournie par l'A. C. F. I. s'est maintenue entre 98° et 102° C pour des températures de l'eau du tender comprises entre 14° et 18° C.

Le coefficient d'utilisation, dans le réchauffeur, de la vapeur d'échappement des cylindres défini par le rapport de la quantité de vapeur prélevée sur l'échappement à la quantité d'eau chaude refoulée par la pompe A. C. F. I. était de 14 à 16 %.

3^o *Température de la vapeur surchauffée.* — La température de la vapeur, à la sortie du collecteur, a varié entre 370° et 382° C.

4^o *Température des gaz de la combustion.* — La température des gaz de la combustion a varié entre 325° et 370° C.

5^o *Rendement de la chaudière.* — Pour le régime de 13 500 kg (production de vapeur), l'activité de combustion a oscillé entre 380 et 400 kg de charbon par m² de surface de grille et par heure. Dans ces limites, le rendement peut être considéré comme invariable.

Pour un régime de production horaire de vapeur de 13 650 kg par exemple, régime obtenu sans utilisation de l'injecteur, on a relevé une consommation horaire de charbon de 1 755 kg d'un pouvoir calorifique inférieur de 7 800 cal. Le charbon utilisé a été celui délivré en service courant aux machines de vitesse et composé de 50 % de Criblés Sarre et 50 % de Tout-Venant Ruhr.

La pression dans la chaudière était de 20 kg/cm² et la température de la vapeur à la sortie du collecteur était de 375°.

1 kg de vapeur à une pression de 20 kg/cm² et une température de 375° C contient 764 cal. La température de l'eau d'alimentation était de 101° C.

Calories nécessaires pour produire 1 kg de vapeur :

$$764 - 101 = 663 \text{ cal.}$$

Nombre total des calories produites par heure dans la chaudière :

$$663 \times 13\ 650.$$

Calories produites sur la grille par heure :

$$1\ 755 \times 7\ 800.$$

Rendement de la chaudière :

$$\frac{663 \times 13\ 650}{1\ 755 \times 7\ 800} = 0,661.$$

Les pertes s'élèvent donc à :

$$1 - 0,661 = 0,339 \text{ ou } 33,9 \text{ \%}.$$

Ces pertes se décomposent comme suit :

- a) Pertes par les gaz de combustion ;
- b) Pertes par cendres et fraisils ;
- c) Autres pertes (Rayonnement, projection d'escarbilles par la cheminée, etc...).

a) *Pertes par les gaz de combustion.* — Ces pertes sont calculées d'après la formule :

$$P = 0,661 \times \frac{T - t}{K}$$

T température des gaz dans la boîte à fumée..... 330° C

t température de l'atmosphère 25° C

K teneur en CO² en %... 9 %

$$P = \frac{0,661 (330 - 25)}{9} = 22,4 \%$$

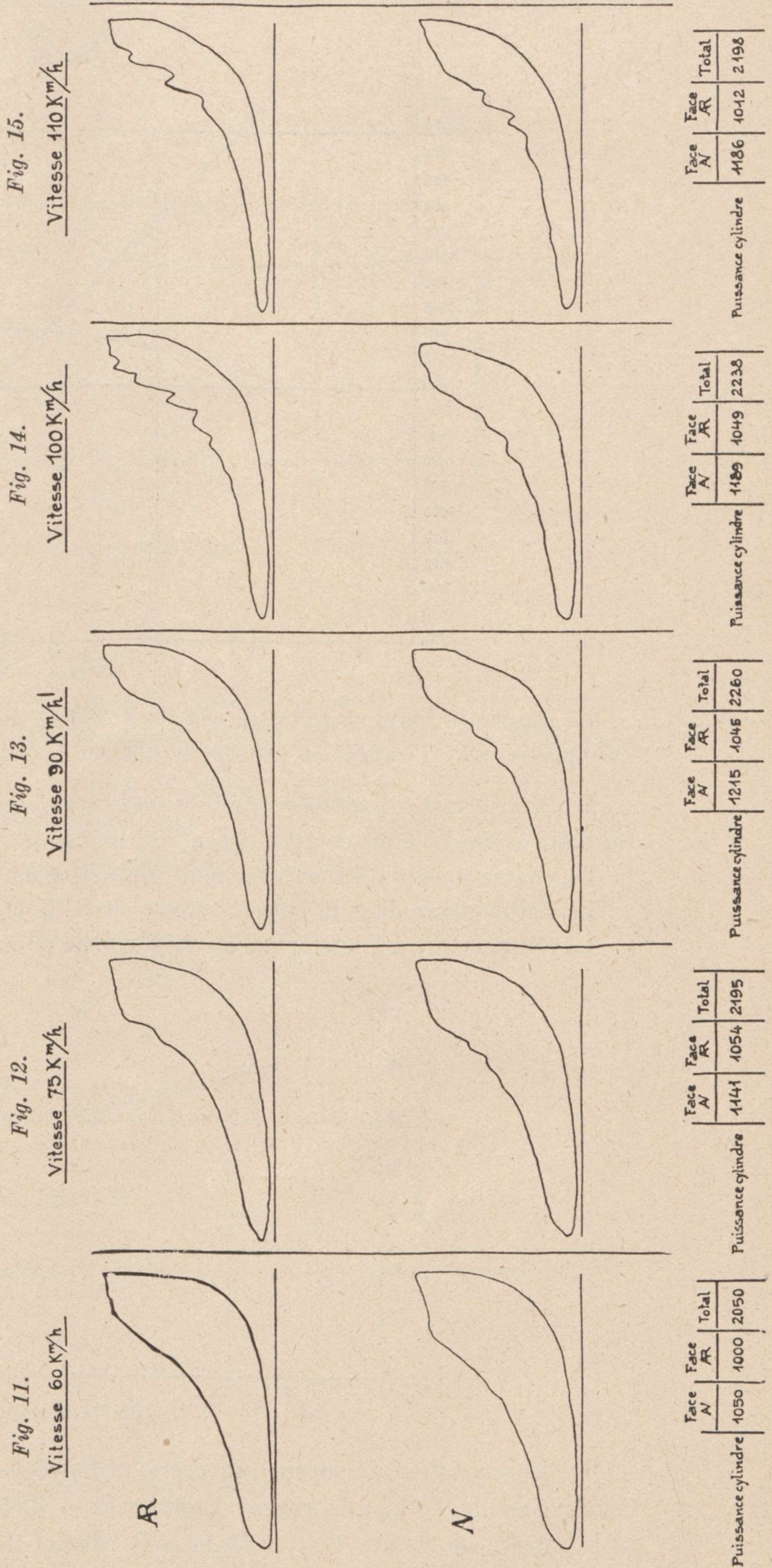
Le bilan de la chaudière s'établit donc comme suit :

Calories fournies à la chaudière	66,1 %
Pertes par gaz de combustion	22,4 %
Pertes par cendres et fraisils	9,7 %
Autres pertes.....	1,8 %
	100,0 %

6° *Dépression dans la boîte à fumée.* — La dépression dans la boîte à fumée a varié entre 108 et 112 mm d'eau pour une activité de combustion entre 380 et 400 kg/m²/h.

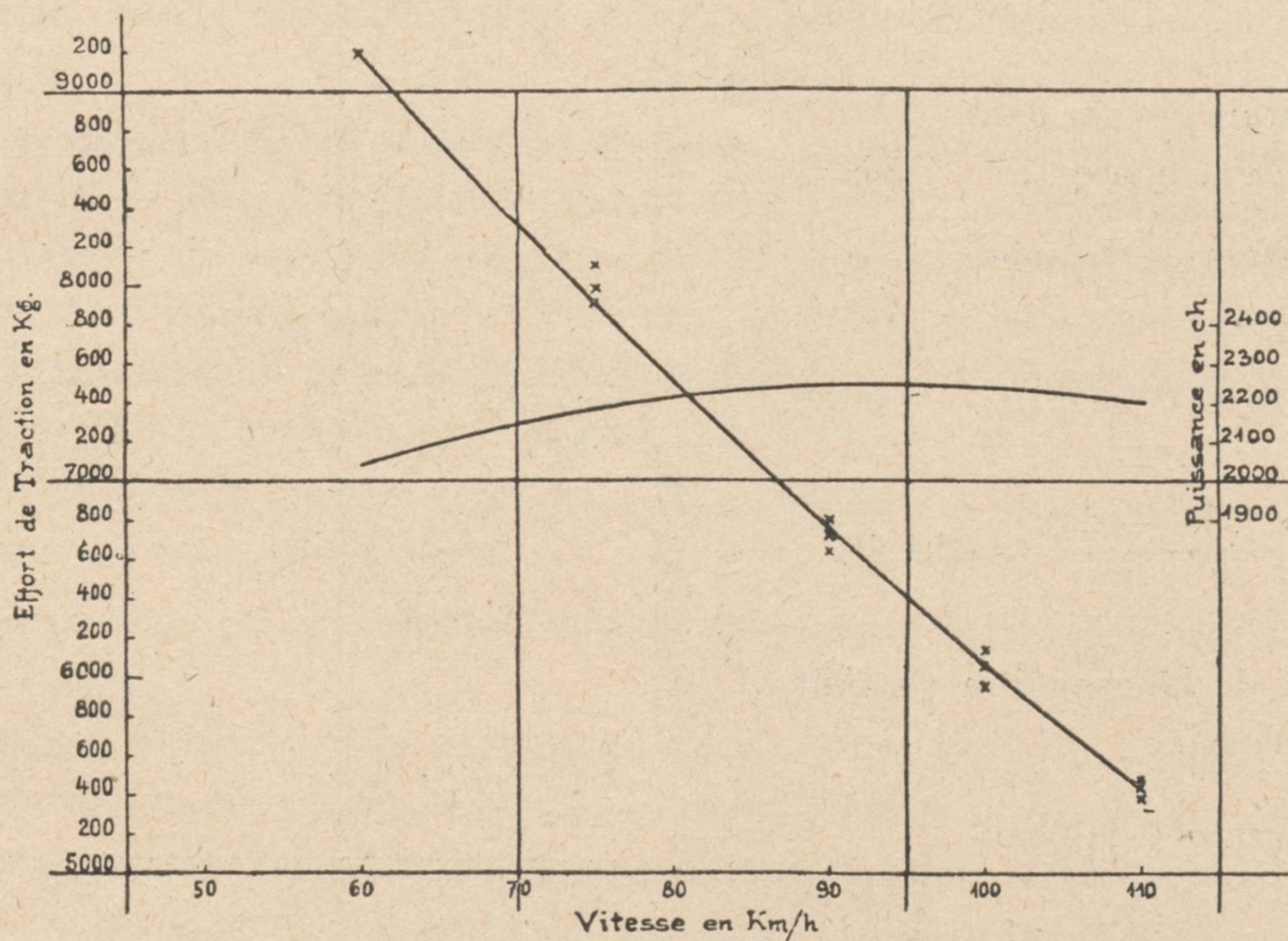
β. — MOTEUR

1° *Puissance indiquée.* — Les figures 11 à 15 reproduisent les diagrammes d'indicateurs aux vitesses V = 60, 75, 90, 100 et 110 km/h réalisées avec des admissions de 20, 16, 14, 13 et 12 %.



La figure 16 donne les courbes des efforts et puissances indiquées en fonction de la vitesse.

Fig. 16.



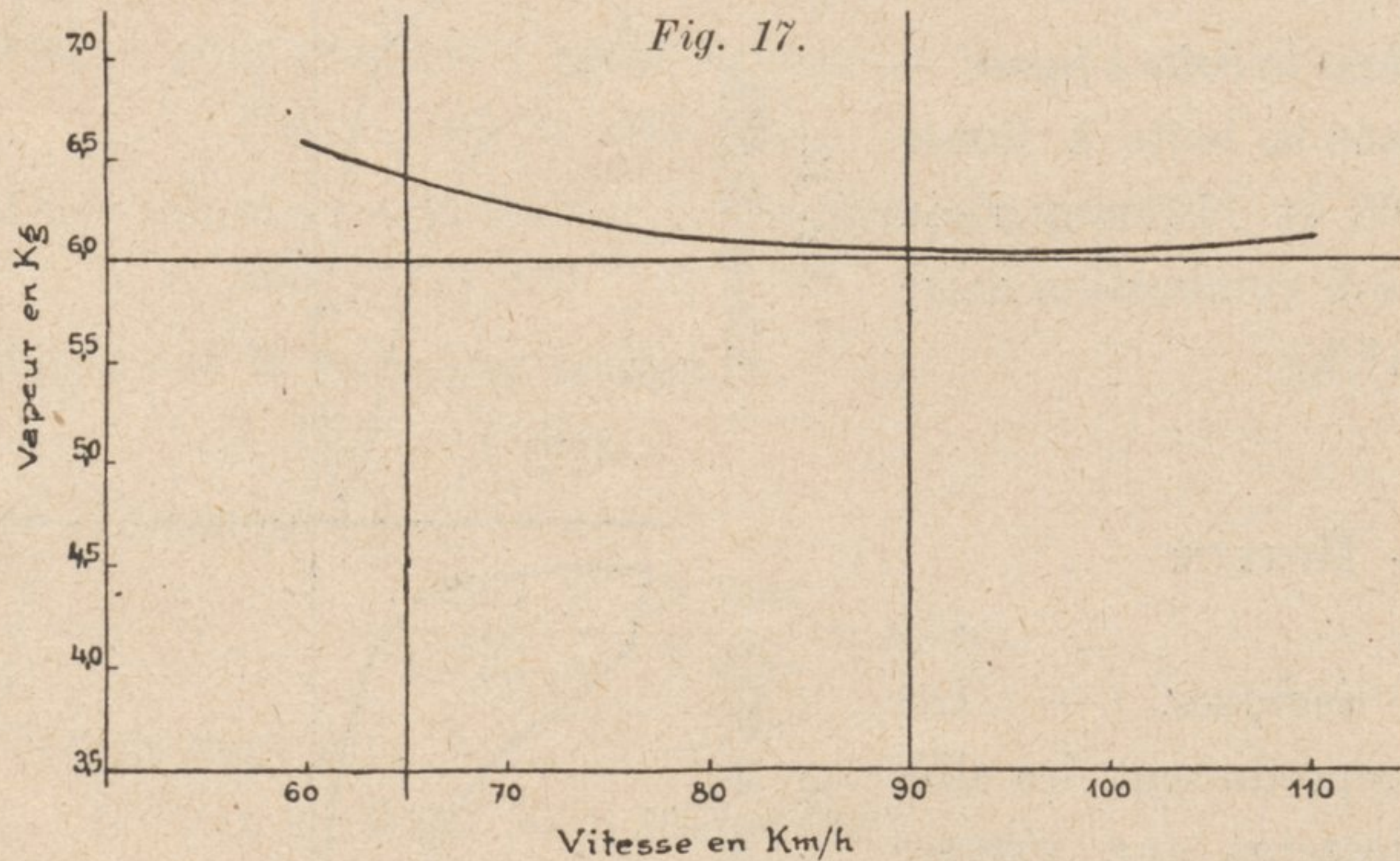
La puissance maxima indiquée est de 2 250 ch à la vitesse de 90 km/h. Pour les vitesses comprises entre 77 km/h et 110 km/h, elle est de 2 200 ch.

2° Pressions et températures dans la boîte à vapeur et à l'échappement. — La pression dans la boîte à vapeur était de 19,6 kg/cm² en moyenne.

La contre-pression à l'échappement était de 0,08 à 0,09 kg/cm².

La température dans la boîte à vapeur était de 350° C.

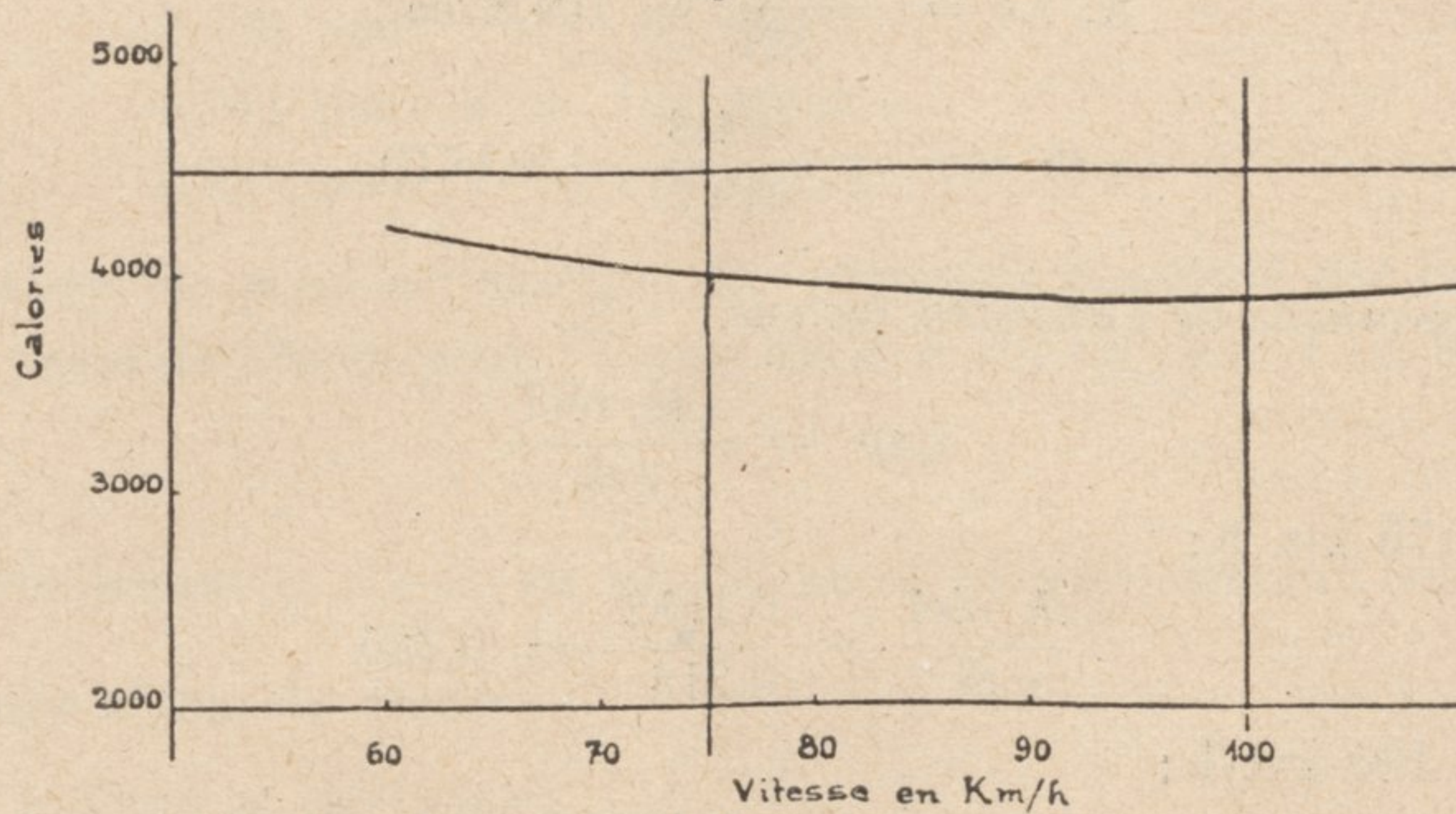
La température à l'échappement était, lorsqu'on a pu la mesurer, de 108° C.



3° Consommation de vapeur par cheval indiqué. — La consommation de vapeur par ch/h indiqué est de 6,6 kg à la vitesse de 60 km/h — 6,15 kg à la vitesse de 75 km/h, — 6,02 kg à la vitesse de 90 km/h — 6,03 kg à la vitesse de 100 km/h et de 6,09 à la vitesse de 110 km/h (Fig. 17).

4° *Consommation de calories par le moteur par cheval indiqué.* — Le moteur consomme, selon la vitesse, de 3 900 à 4 300 calories par ch/h indiqué, chiffres déduits du diagramme de Mollier en partant de 19,6 kg et 350° (Fig. 18).

Fig. 18.



5° *Rendements thermiques et spécifiques de l'appareil moteur.* — a) *Rendement thermique théorique du moteur.*

$$\eta_{th} = \frac{i_1 - i_2}{i_1 - q}$$

- i_1 — calories contenues dans 1 kg de vapeur de la boîte à vapeur. Pour une pression de 19,6 kg et une température de 350° C.... $i_1 = 749,7$ cal.
- i_2 — calories contenues dans ce kg de vapeur après détente adiabatique à 1,2 kg/cm² abs. (Cycle Rankine) $i_2 = 608$ cal.
- q — calories contenues dans 1 kg d'eau d'alimentation. Pour une température de 100° C $q = 100$ cal.

$$\eta_{th} = \frac{749,7 - 608}{749,7 - 100} = \frac{141,7}{649,7} = 0,218$$

b) *Rendement thermique réel du moteur.*

$$\eta_{th} \text{ réel} = \frac{A \cdot Li}{i_1 - q}$$

Li — kgm indiqués produits par 1 kg de vapeur.

A — équivalent mécanique de la chaleur $\frac{1}{427}$

A la vitesse de 75 km/h, la consommation de vapeur était de 6,15 kg par cheval indiqué et par heure.

1 kg de vapeur a donc produit :

$$\frac{75 \times 60 \times 60}{6,15} \text{ kgm} = Li = 4\,390 \text{ kgm}$$

$$A \cdot Li = \frac{4390}{427} = 102,8 \text{ cal.}$$

$$\eta_{th} \text{ réel} = \frac{102,8}{649,7} = 0,1582$$

A la vitesse de 100 km/h, la consommation de vapeur était de 6,03 kg par cheval indiqué et par heure.

$$Li = \frac{75 \times 60 \times 60}{6,03} = 4\,477 \text{ kgm}$$

$$A. Li = \frac{4\,477}{427} = 104,8 \text{ cal.}$$

$$\gamma_{th} \text{ réel} = \frac{104,8}{649,7} = 0,1613$$

c) Rendement spécifique de l'appareil moteur.

$$\gamma_{sp} = \frac{\gamma_{th} \text{ réel}}{\gamma_{th}}$$

A la vitesse de 75 km/h :

$$\frac{\gamma_{th} \text{ réel}}{\gamma_{th}} = \frac{0,1582}{0,218} = 0,725$$

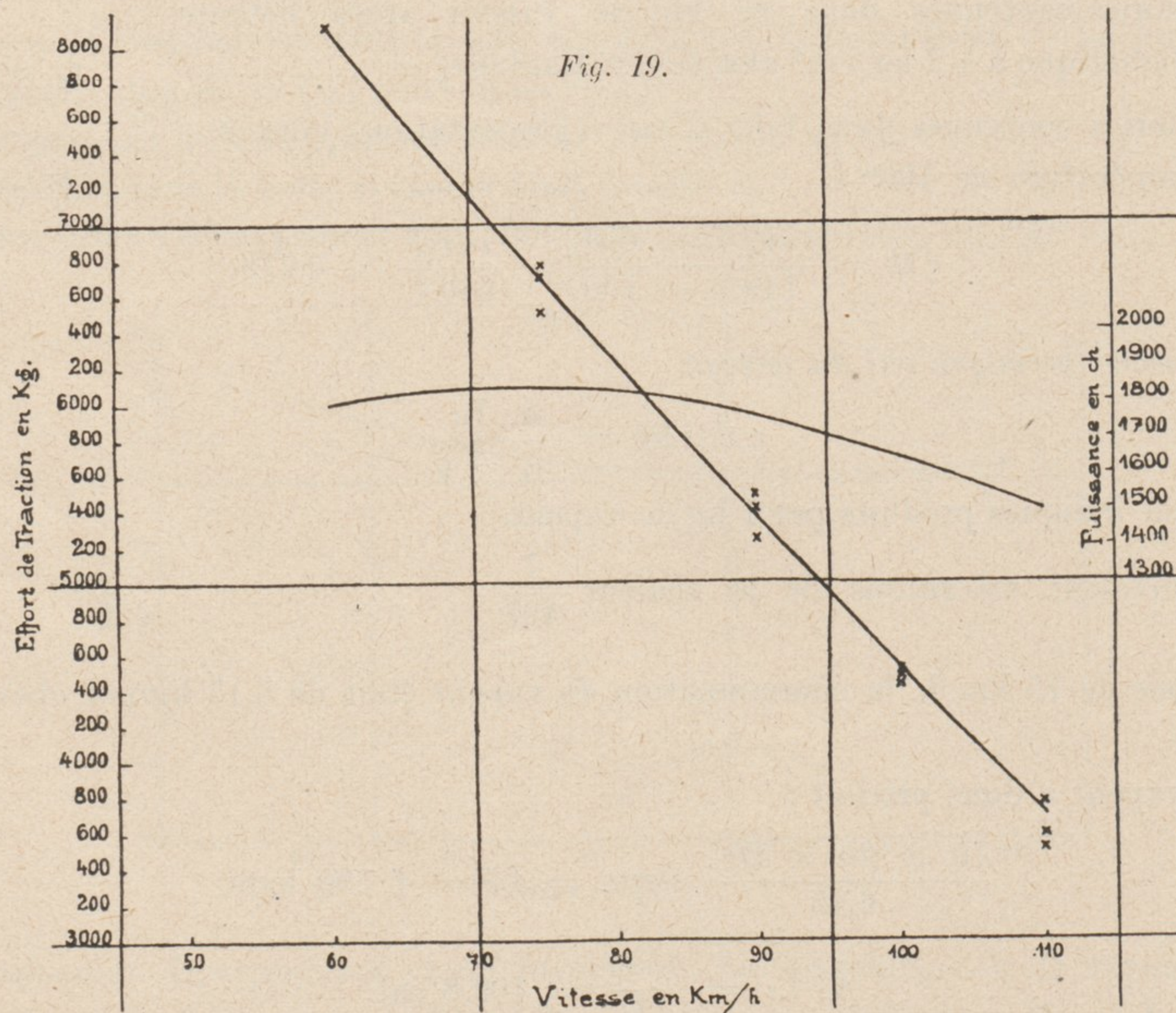
A la vitesse de 100 km/h :

$$\frac{\gamma_{th} \text{ réel}}{\gamma_{th}} = \frac{0,1613}{0,218} = 0,74$$

γ PUISSANCE AU CROCHET DE TRACTION DU TENDER

RENDEMENT DU MÉCANISME

1° Effort et puissance au crochet de traction du tender. — La figure 19 donne les courbes des efforts et puissances au crochet de traction en fonction de la vitesse.



Puissance maximum à la vitesse de 75 km/h 1 860 ch, à la vitesse de 110 km/h la puissance au crochet est encore de 1 500 ch.

2° Rendement du mécanisme et résistance au roulement de l'ensemble constitué par la locomotive et un tender de 28 m³.

Le rendement du mécanisme est égal à :

0,88	pour V = 60 km/h
0,845	pour V = 75 km/h
0,789	pour V = 90 km/h
0,741	pour V = 100 km/h
0,68	pour V = 110 km/h

La puissance absorbée pour la remorque de l'ensemble constitué par la locomotive et un tender de 28 m³ passe de 235 ch pour V = 60 km/h à 580 ch pour V = 100 km/h et 710 ch pour 110 km/h.

↳ CONSOMMATION D'EAU ET DE CHARBON ET RENDEMENTS GLOBAUX

1° Consommation d'eau du tender.

a) par cheval indiqué et par heure.

Varie avec la vitesse et la puissance ; elle est comprise entre 5,1 kg à la vitesse de 90 km/h et 5,6 kg à la vitesse de 60 km/h (Fig. 20).

Fig. 20.

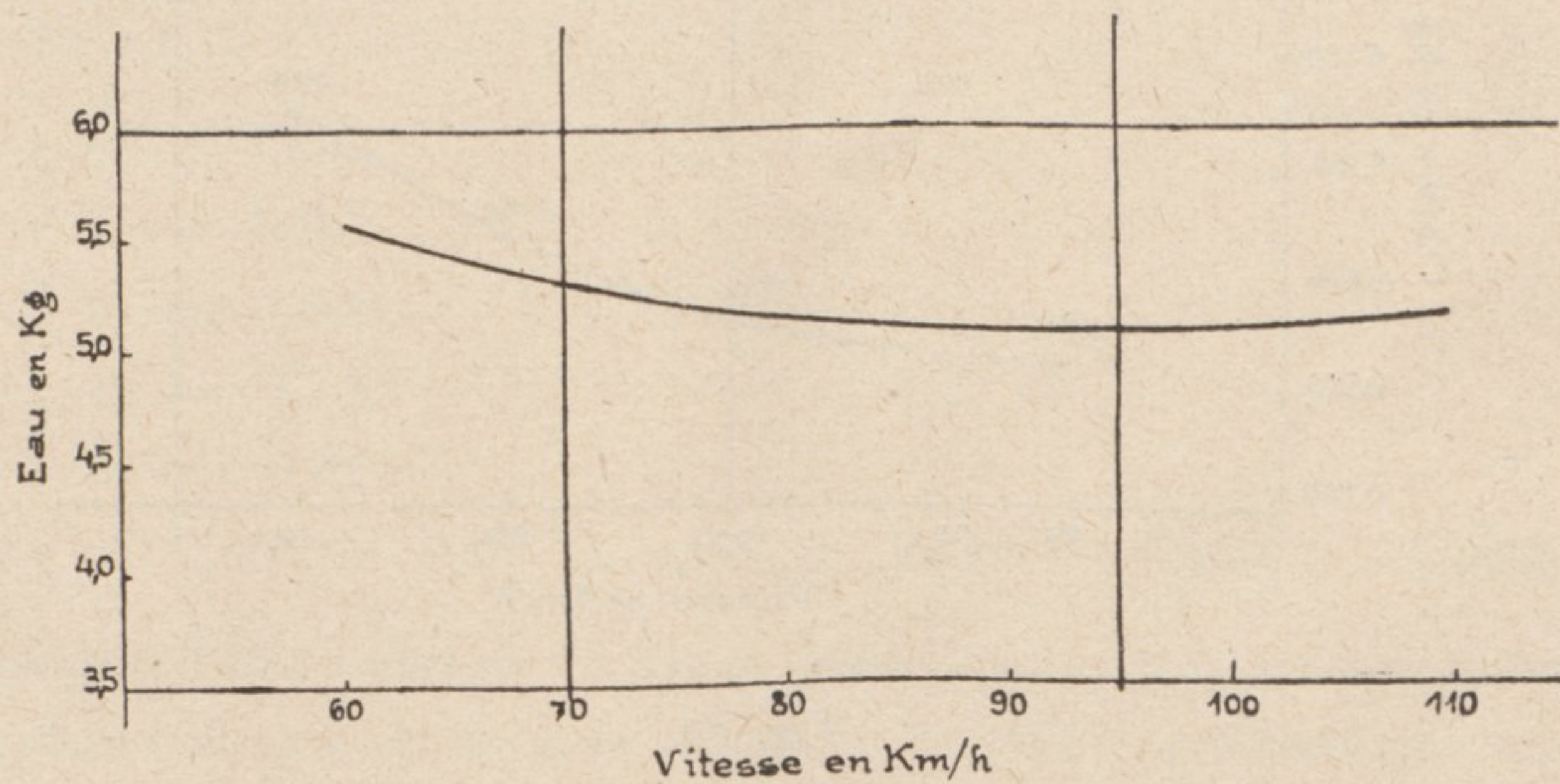
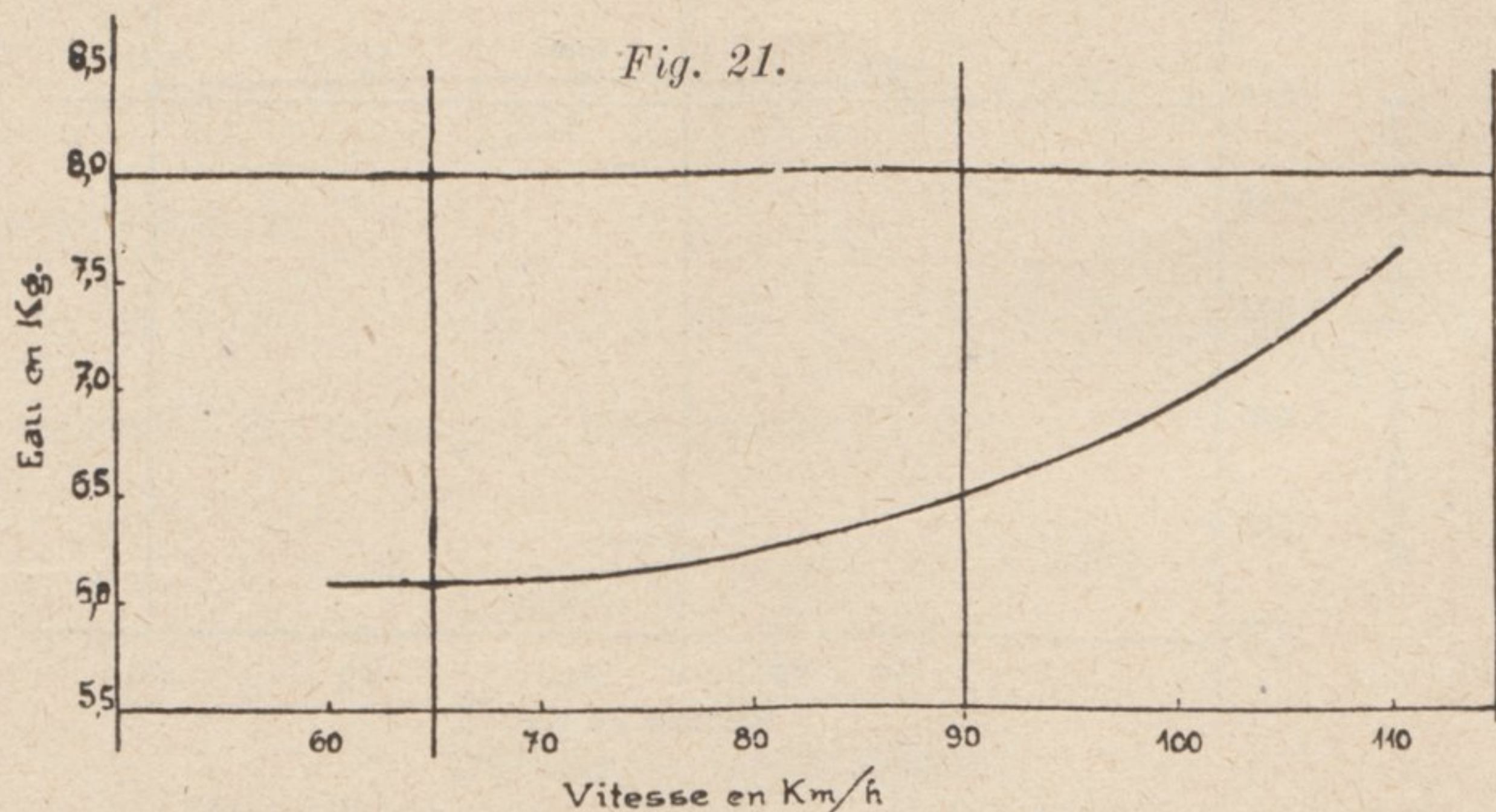


Fig. 21.



b) par cheval-heure au crochet de traction du tender.

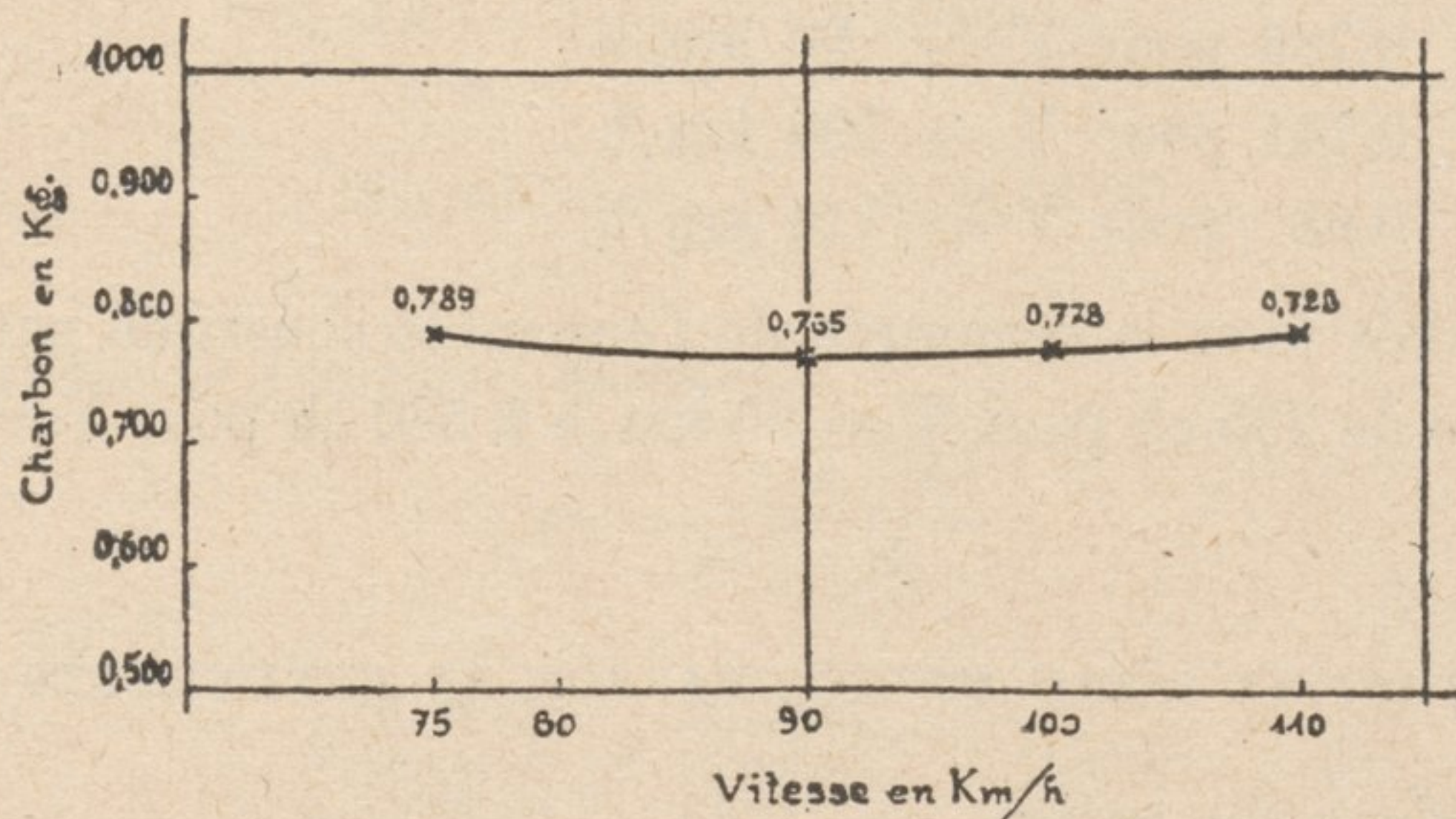
Varie de 6,2 kg à la vitesse de 75 et 7,6 à la vitesse de 110 km/h (Fig. 21).

2° Consommation de charbon.

a) par cheval-heure indiqué (Fig. 22).

La consommation de charbon varie peu avec la vitesse ; elle est comprise entre 0,765 kg et 0,789 kg par ch/h indiqué.

Fig. 22.



b) par cheval-heure effectif (Fig. 23).

La consommation varie entre 0,934 et 1,161 kg par ch/h effectif.

Fig. 23.

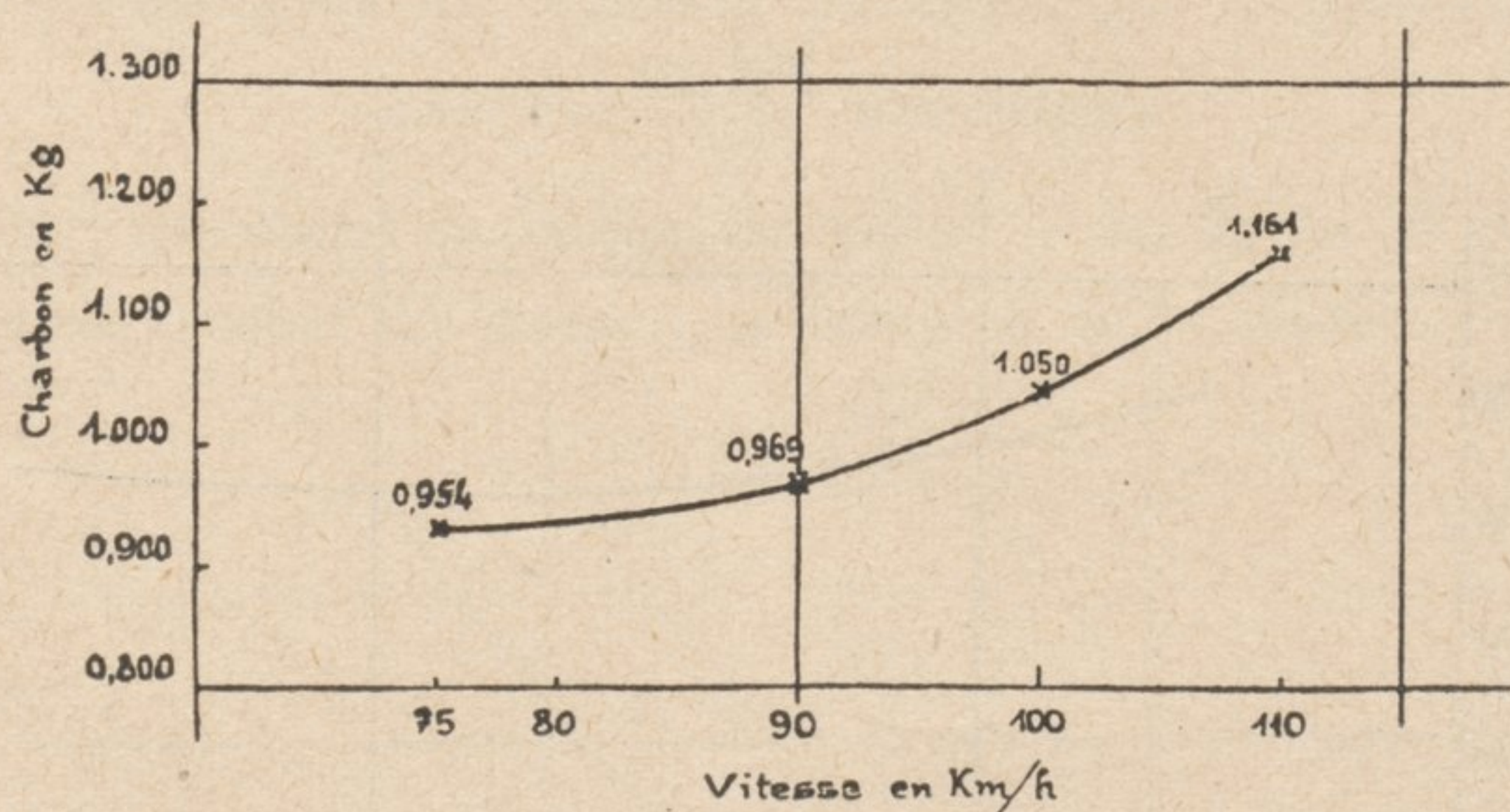
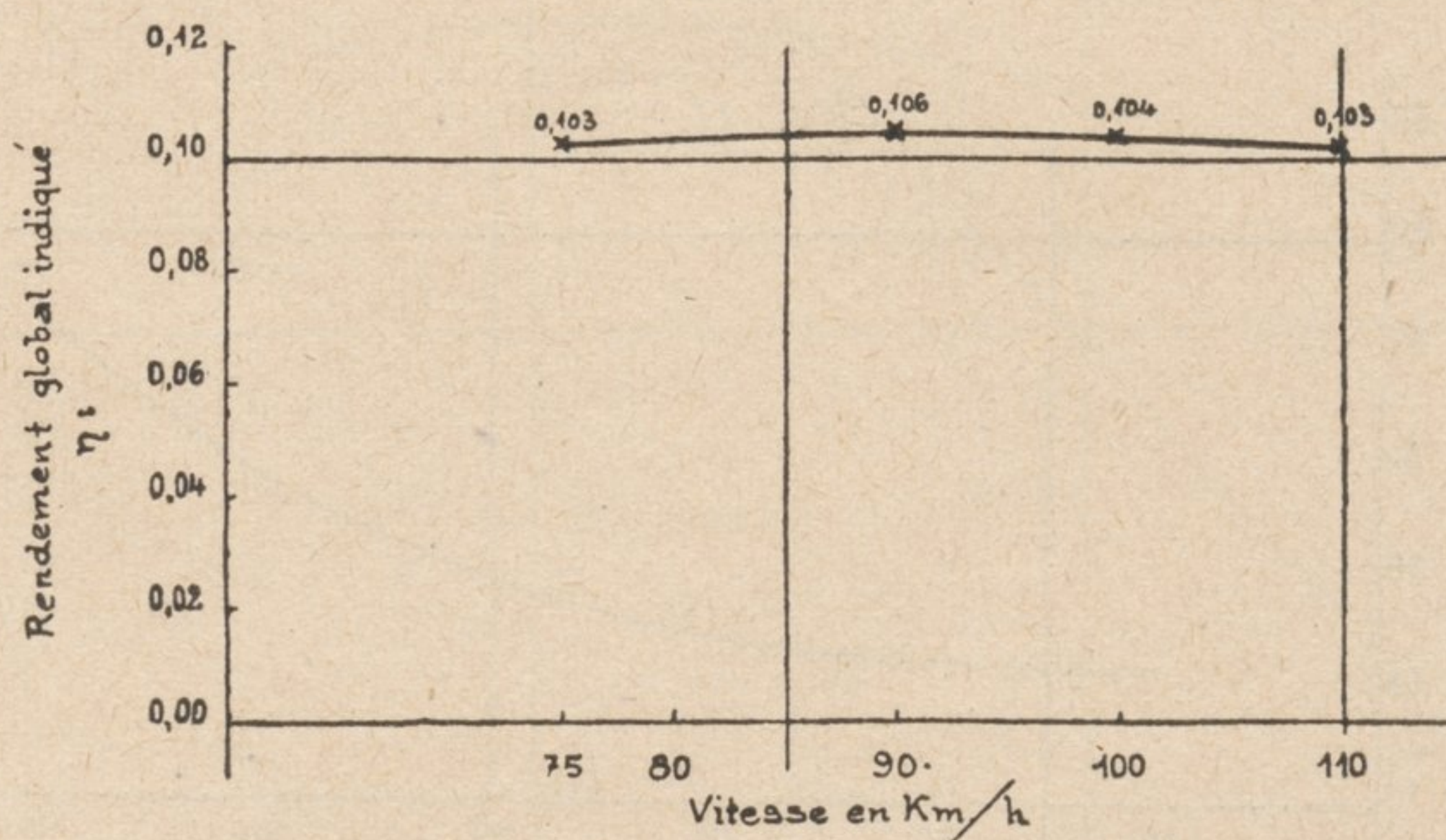


Fig. 24.



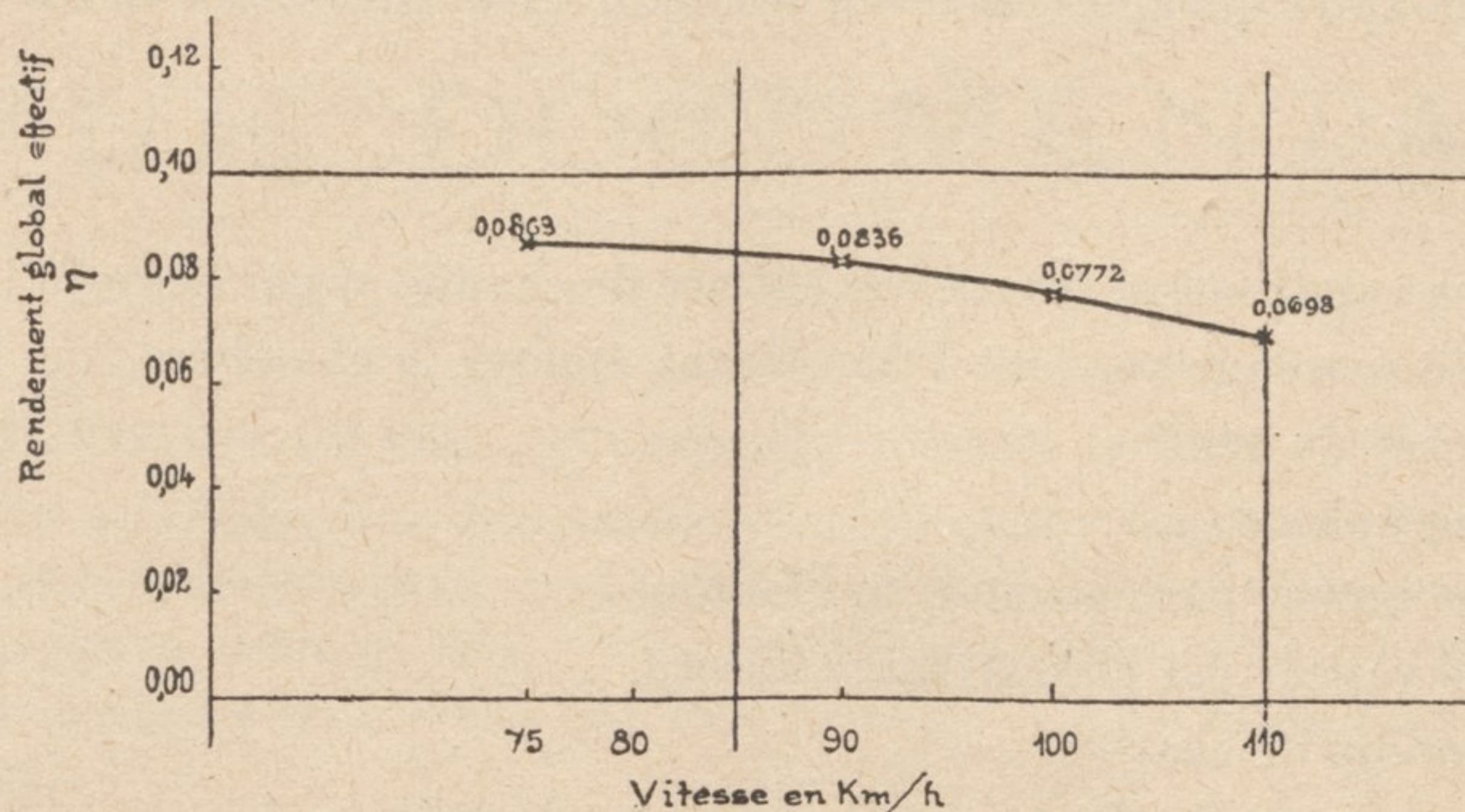
3° Rendements globaux. — a) Rendement global indiqué (Fig. 24).

$$\eta_i = \eta_{ch} \cdot \eta_c \cdot \eta_{th} \cdot \eta_{sp}$$

varie de 0,103 à 0,106.

b) Rendement global effectif (Fig. 25).

Fig. 25.



$$\eta = \eta_i \cdot \eta_m = \eta_{ch} \cdot \eta_e \cdot \eta_{th} \cdot \eta_{sp} \cdot \eta_m$$

η_{ch} = Rendement de la chaudière
 η_e = Rendement de la conduite à vapeur
 η_{th} = Rendement thermique théorique du moteur
 η_{sp} = Rendement spécifique du moteur
 η_m = Rendement mécanique de la locomotive.

A la vitesse de 75 km/h

$$\begin{aligned} \eta_{ch} &= 0,661 \\ \eta_e &= 0,98 \\ \eta_{th} &= 0,218 \\ \eta_{sp} &= 0,725 \\ \eta_m &= 0,845 \\ \eta &= 0,661 \times 0,98 \times 0,218 \times 0,725 \times 0,845 = 0,0865 \end{aligned}$$

Le rendement moyen à la vitesse de 75 km/h donné par le rapport des calories représentant l'équivalent calorifique de un ch/h et la quantité de calories contenues dans les charbons consommés, est de :

$$\eta = \frac{632,4}{0,934 \times 7\,800} = 0,0868$$

A la vitesse de 100 km/h

$$\eta = 0,661 \times 0,98 \times 0,218 \times 0,74 \times 0,741 = 0,0774$$

Le rendement moyen à la vitesse de 100 km/h est de :

$$\eta = \frac{632,4}{1,050 \times 7\,800} = 0,0772$$

Deuxième série d'essais

Après les essais au régime de 13 500 kg correspondant à une puissance brute de vaporisation de 60 kg/m²/h, les essais à plus grande vaporisation ont été entrepris, mais arrêtés par suite

des risques d'incendies causés par la grande activité de combustion demandée à la locomotive d'essai d'une part, et par la grande sécheresse qui régna à l'époque, d'autre part.

Nous donnons ci-après quelques résultats des deux essais effectués à la vitesse de 100 km/h.

1^{er} ESSAI

Vitesse	100 km/h
Puissance brute de vaporisation (par m ² de surface de chauffe et par heure).	102 kg/m ² /h
Puissance indiquée soutenue pendant 1 heure sans épuiser la chaudière....	3 210 ch
Puissance au crochet du tender	2 626 ch
Rendement du mécanisme	0,819
Consommation de vapeur par cheval/heure indiqué.....	7,02 kg
Consommation de vapeur par cheval/heure effectif.....	8,58 kg
Consommation horaire de charbon	4 072 kg
Consommation horaire de charbon par m ² de surface de grille.....	905 kg
Consommation de charbon par cheval/heure effectif.....	1,55 kg

2^e ESSAI

Vitesse	100 km/h
Puissance brute de vaporisation (par m ² de surface de chauffe et par heure).	95 kg/m ² /h
Puissance indiquée soutenue pendant 1 heure sans épuiser la chaudière.....	2 990 ch
Puissance au crochet du tender.....	2 405 ch
Rendement du mécanisme.....	0,803
Consommation de vapeur par cheval-heure indiqué.....	7,0 kg
Consommation de vapeur par cheval/heure effectif.....	8,73 kg
Consommation horaire en charbon.....	3 172 kg
Consommation horaire en charbon par m ² de surface de grille.....	705 kg
Consommation de charbon par cheval/heure effectif.....	1 319 kg

Conclusions.

Les résultats obtenus lors de ces essais, déjà très satisfaisants et que nous espérons encore améliorer, en particulier, au point de vue de la surchauffe, paraissent dès à présent démontrer qu'une telle machine à deux cylindres et à simple expansion est au moins aussi économique comme consommation qu'une très bonne machine compound et qu'elle permet de réaliser au besoin une puissance au crochet de traction du même ordre qu'une Mountain.

L'économie de consommation par cheval au crochet de traction résulte d'une part du bon rendement des cylindres (consommation de vapeur voisine de 6 kg par cheval indiqué) et de la puissance relativement faible absorbée pour la remorque de la locomotive et de son tender.

A la vitesse de 120 km, la machine est encore parfaitement stable ; à aucune allure elle n'a de mouvements anormaux ni de cognements ; elle court très bien et peut tout aussi bien remorquer économiquement des trains extra rapides que des express très lourds.

La robustesse du châssis, la simplicité du mouvement permettent d'escompter de longs parcours entre moyennes réparations et un entretien courant très économique ; les deux machines assurent d'ailleurs dans d'excellentes conditions un roulement en double équipe avec parcours journalier moyen de 530 km pour chacune des deux machines.