

LA LOCOMOTIVE 241.C-1

A GRANDE VITESSE

(type 2-4-1)

DE LA

COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DE PARIS A LYON ET A LA MÉDITERRANÉE

par **M. A. PARMANTIER,**

INGÉNIEUR EN CHEF ADJOINT DU MATÉRIEL

Pl. IV.

I. — PRÉAMBULE.

L'intérêt que présente l'emploi de locomotives du type « Mountain » est apparu à la Compagnie P.-L.-M. en 1921, année au cours de laquelle elle fut amenée à utiliser des « Mikado » pour la remorque de certains express lourds ayant d'assez nombreux arrêts.

Il fut constaté, au cours de la remorque de ces trains, d'une part, que l'emploi de quatre essieux accouplés n'était pas incompatible avec la réalisation de vitesses élevées, d'autre part, que les reprises de vitesse, surtout en rampe, étaient beaucoup plus aisées et plus rapides qu'avec les « Pacific ».

Or, ce dernier avantage est d'importance capitale si l'on remarque que la portion de la grande ligne du réseau P.-L.-M. située entre Laroche et Dijon présente, soit dans un sens, soit dans l'autre, une rampe de 25 à 30 kilomètres qui doit être franchie à certains moments de la journée par des groupes de trains se succédant à des intervalles d'une dizaine de minutes seulement. Il est donc essentiel qu'à la durée d'un arrêt imprévu de l'un des rapides, sur la rampe, ne vienne pas s'ajouter une perte de temps, conséquence d'une reprise de vitesse trop lente, sinon toute la circulation se trouve gravement perturbée.

La première locomotive « Mountain », désignée 241.A-1, fut mise en service en Février 1925 et donna bien les résultats qu'on escomptait. La Compagnie P.-L.-M. fit par la suite construire sur ce type une importante série de machines.

Toutefois, ces locomotives, étant munies de roues de 1,790 m de diamètre, ne peuvent soutenir couramment les vitesses atteintes, sur les lignes à profil facile, par les locomotives « Pacific » munies de roues de 2 m de diamètre.

En vue d'obtenir, pour la remorque des grands trains lourds sur ces dernières lignes, une

locomotive aussi puissante que les 241.A et aussi rapide que les « Pacific », la Compagnie P.-L.-M. fut conduite à étudier un nouveau type de locomotives « Mountain » à roues de 2 m.

Des essais, effectués entre-temps sur une locomotive « Pacific », ayant permis de se rendre compte des avantages à recueillir d'une élévation du timbre de 16 à 20 kg/cm², il fut en outre décidé d'adopter le timbre de 20 kg/cm².

Un prototype, désigné 241.C-1, fut alors construit par les Établissements Schneider qui en avaient dressé les plans de détail suivant les directives de la Compagnie P.-L.-M. et mis en service au début de l'année 1931.

Nous nous proposons dans la présente note de décrire rapidement ce prototype et de rendre compte des essais auxquels il a été soumis.

II. — DESCRIPTION DE LA LOCOMOTIVE 241.C-1

Figures 1 à 4. — Pl. IV.

1° Chaudière.

Le mode de construction de la chaudière timbrée à 20 kg/cm² est le même que celui des chaudières timbrées à 16 kg/cm².

a) *Boîte à feu.* — La boîte à feu est du type dit « en berceau ». L'enveloppe est formée de trois pièces (le ciel et deux flancs) en acier doux, réunies entre elles par des coutures à deux rangs de rivets.

b) *Foyer et chambre de combustion.* — Le foyer est du type large débordant franchement les longerons; il est prolongé à l'intérieur du corps cylindrique par une chambre de combustion de 2 m de longueur.

Le foyer, y compris la chambre de combustion, est en cuivre rouge, à l'exception de la plaque tubulaire qui est en tôle d'acier doux.

La grille a 5 m² de surface.

c) *Corps cylindrique.* — Le corps cylindrique est formé de trois viroles. La virole arrière, enveloppant la chambre de combustion, est en acier ordinaire. Les deux viroles milieu et avant sont en acier spécial à 3 % de nickel ($R \geq 50$ kg/mm², $E \geq 30$ kg/mm², $A \% \geq 20$, $\Sigma = 0,5$).

Les rivures longitudinales sont à francs bords, avec soudures aux extrémités des viroles et double couvre-joint. Le couvre-joint intérieur est relié à chacun des bords de la tôle de virole par trois rangées de rivets, et le couvre-joint extérieur par deux de ces trois rangées seulement. Les rivures transversales comportent trois rangées de rivets.

d) *Entretoisement du foyer et de sa chambre de combustion avec la boîte à feu et avec le corps cylindrique.* — Transversalement, le mode d'entretoisement adopté est le mode rayonnant, avec tirants disposés en éventail, lesquels forment avec les entretoises des flancs, un entretoisement continu. A noter que pour éviter les ruptures des tirants des rangées voisines des rangées d'entretoises, il a été adopté un rayon de 350 mm pour les arrondis du ciel de foyer.

Les entretoises, percées d'un trou de 6 mm de diamètre, ont 24 mm de diamètre extérieur; elles sont en bronze manganèse (fatigue maximum : 4,52 kg/mm²).

Fig. 1. — LA LOCOMOTIVE 241-C-1 A SA SORTIE DE CONSTRUCTION.

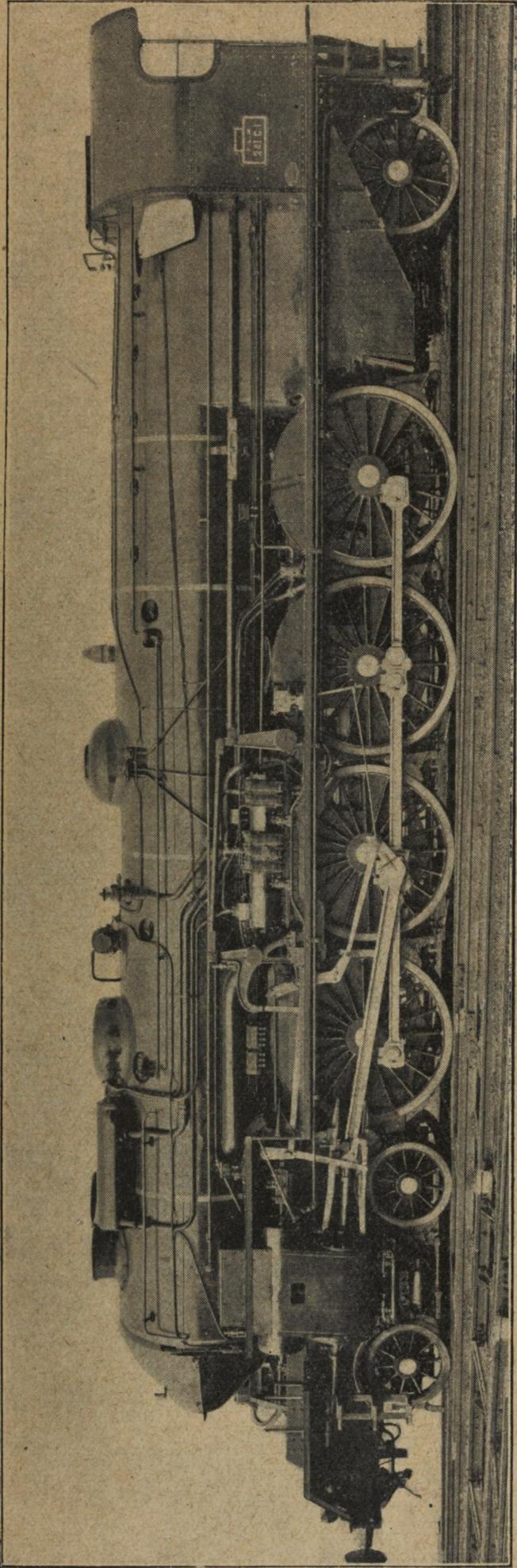


Fig. 2. — LA LOCOMOTIVE 241-C-1 APRES TRANSFORMATION.

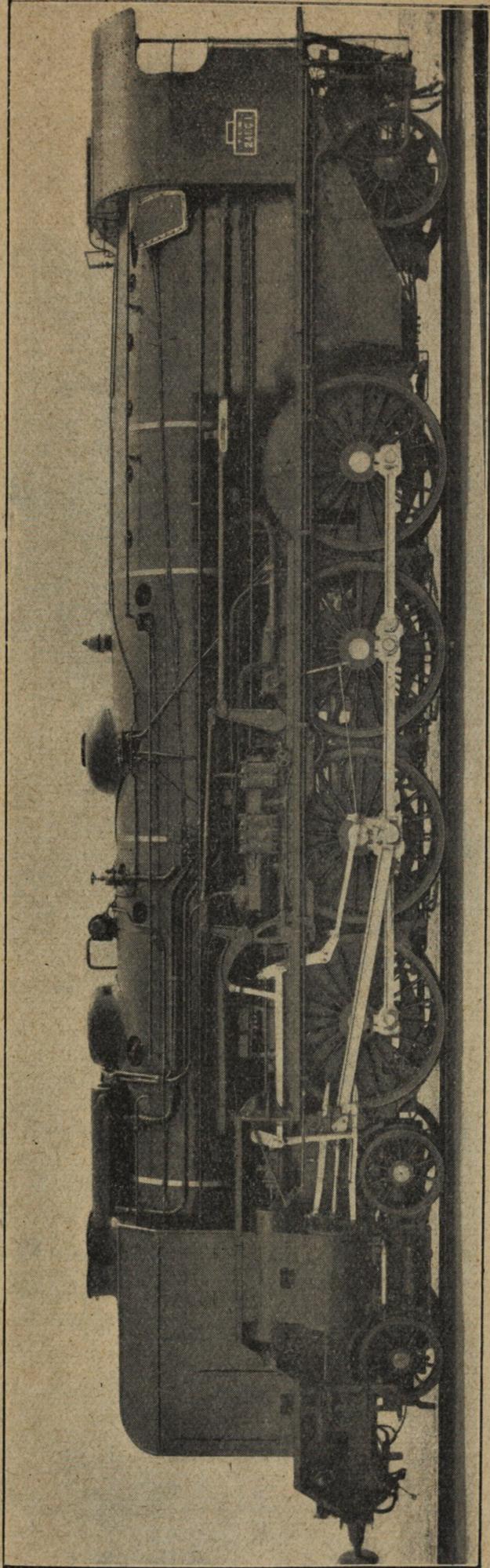


Fig. 3. — LOCOMOTIVE 241-C-1. — Coupes transversales.

$\frac{1}{2}$ Coupe par AB - Vue d'Ar

$\frac{1}{2}$ Coupe par CD - Vue d'Ar

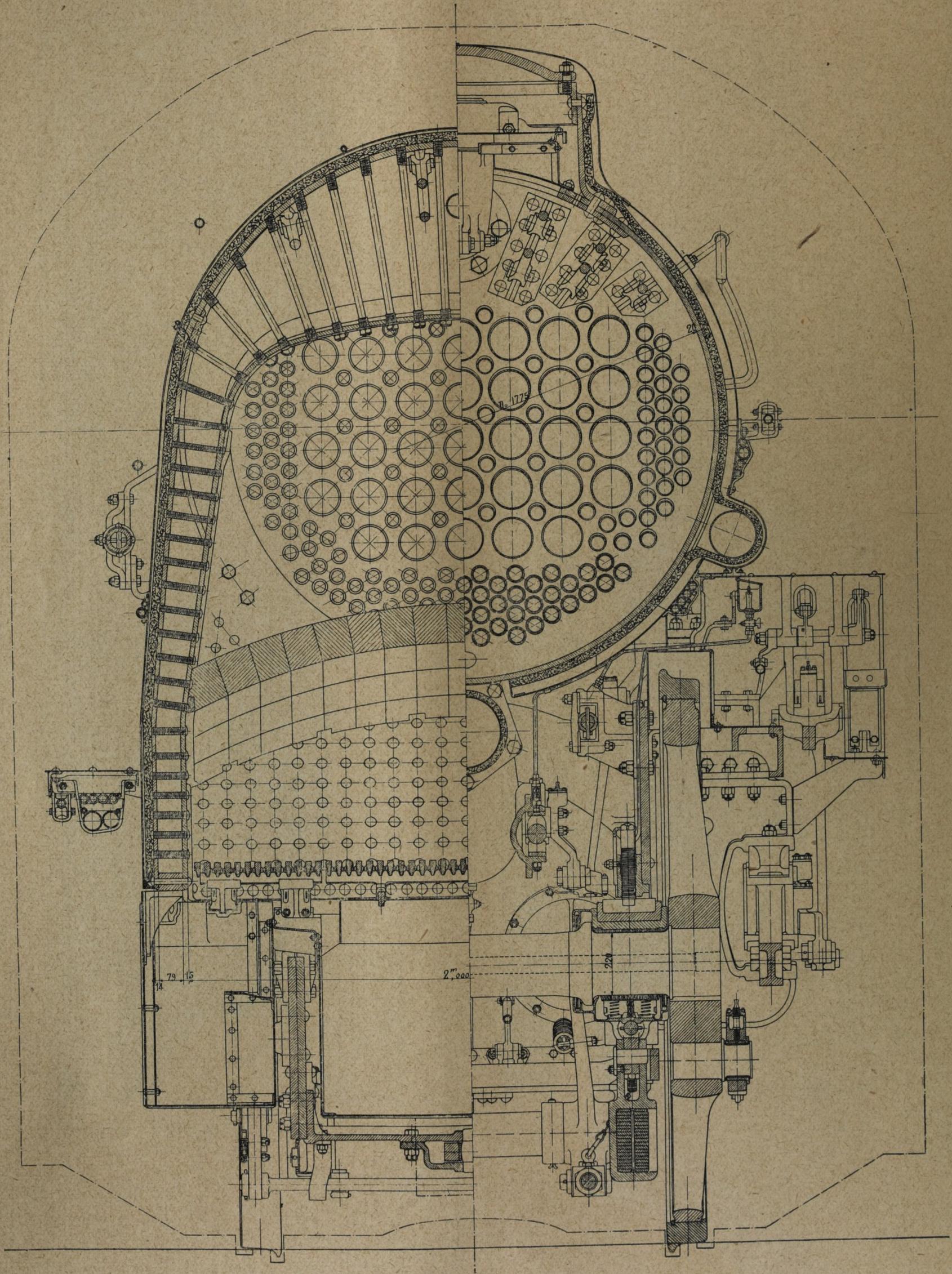
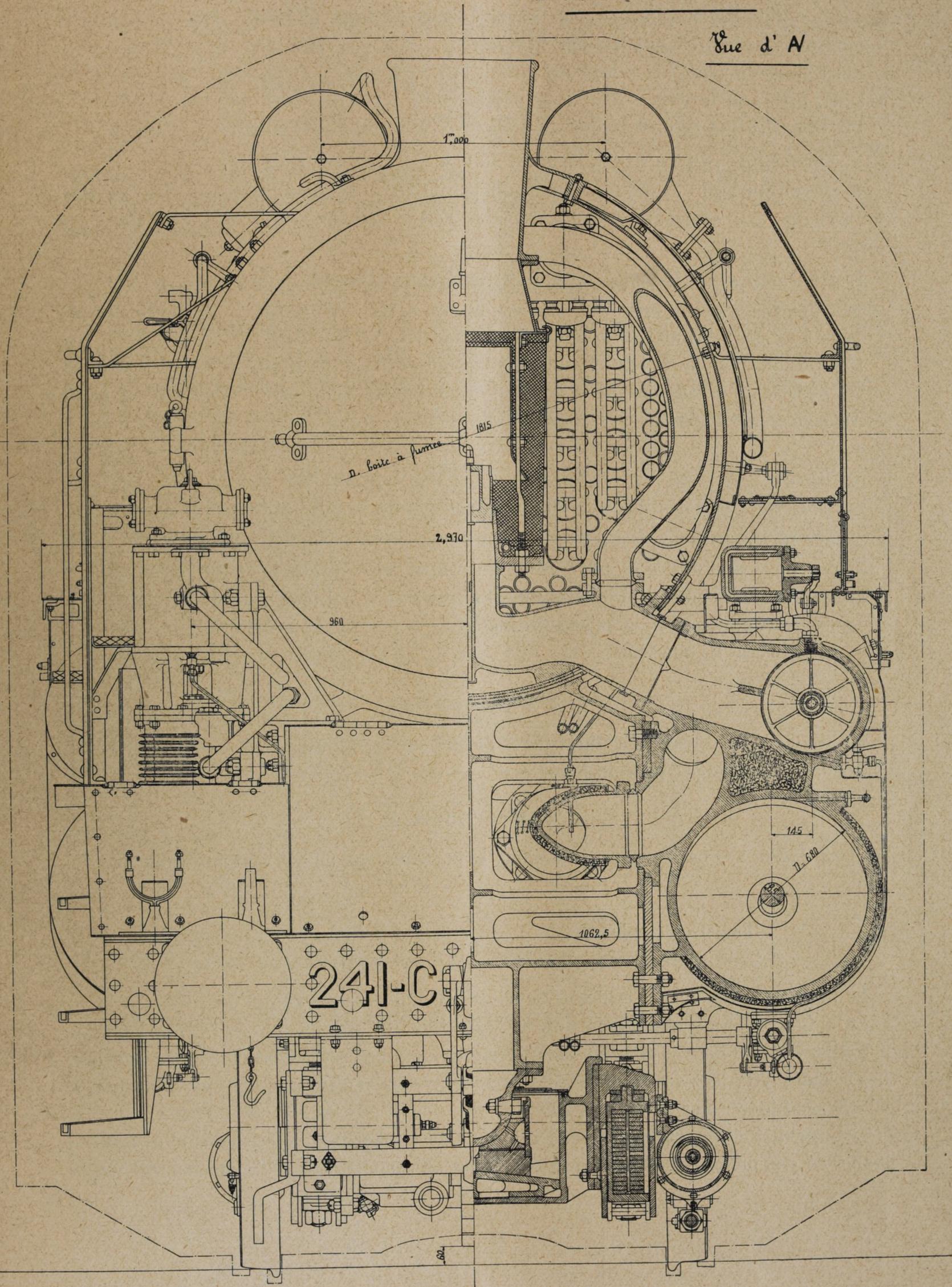


Fig. 4. — LOCOMOTIVE 241-C-1. — Vue par bout avant et coupe transversale.

$\frac{1}{2}$ Vue d'A

$\frac{1}{2}$ Coupe par l'axe du bogie.
et l'axe de la cheminée A

Vue d'A



Les tirants de ciel de foyer, percés d'un trou de 6 mm de diamètre, ont 24 ou 26 mm de diamètre extérieur ; ils sont en acier (fatigue maximum : 4,56 kg/mm²).

Les quatre premières rangées de tirants de ciel de foyer (à l'avant de la chambre de combustion) permettent la dilatation du foyer.

Seize tirants longitudinaux articulés relient la plaque arrière de la boîte à feu au ciel de celle-ci, pour armaturer la plaque dans la région où il n'y a pas d'entretoises de foyer.

Six tirants relient enfin la plaque avant de foyer à la virole milieu du corps cylindrique.

e) *Surchauffeur*. — Le surchauffeur est du type Schmidt à gros tubes.

Il est constitué par 33 éléments surchauffeurs de 28/35 placés à l'intérieur de gros tubes de 135/143. Les coudes arrière des éléments sont à 150 mm de la plaque tubulaire de foyer.

f) *Alimentation*. — L'alimentation de la chaudière est assurée, à la partie supérieure du corps cylindrique par un *injecteur en charge type U₁* et par une *pompe A.C.F.I* (diamètre du cylindre à vapeur : 254 mm) avec *réchauffeur d'eau A.C.F.I type R.M.*

L'eau d'alimentation est introduite dans la chaudière par deux tuyères débouchant dans un coffre descendant le long des parois du corps cylindrique et aboutissant au-dessus d'une poche de vidange munie d'une vanne d'extraction.

2° Châssis

Les longerons, en tôle d'acier de 28 mm d'épaisseur, sont reliés entre eux par :

- une traverse d'avant en profilé I, portant les tampons et les pièces d'attelage ;
- une traverse d'arrière en tôle, assemblée avec le caisson d'attelage ;
- une entretoise entre les cylindres BP extérieurs ;
- six traverses intermédiaires en acier moulé ;
- les cylindres HP intérieurs.

3° Bogie et Bissel

Le bogie et le bissel sont du type ordinaire de la Compagnie P.-L.-M, avec fusées intérieures et rappel par plans inclinés.

4° Mouvement.

a) *Cylindres*. — Les diamètres des cylindres et courses des pistons sont les suivants :

	HP	BP
	—	—
Diamètre des cylindres.....	0,450 m	0,680 m
Course des pistons.....	0,650 m	0,700 m

Le rapport du volume des cylindres BP au volume des cylindres HP est de 2,46.

En raison de leur grand diamètre, les cylindres BP ont été placés à l'extérieur des longerons ; ils sont inclinés de 3° 21' sur l'horizontale et attaquent le deuxième essieu accouplé. Les cylindres HP, placés à l'intérieur des longerons, sont inclinés de 6° 16' sur l'horizontale et attaquent le troisième essieu accouplé.

Les cylindres de la locomotive 241.C-1 ont été étudiés tout spécialement, de façon à limiter au minimum les pertes de charge à travers les cylindres depuis l'admission HP jusqu'à

l'échappement BP. Les essais effectués antérieurement avec les locomotives 231.D et 241.A avaient en effet montré que cette condition était nécessaire pour obtenir de bons résultats.

Les garnitures des tiges de pistons sont métalliques du type Garex (à labyrinthe) pour les cylindres HP, et du type King avec bagues en AP.3 pour les cylindres BP.

Les cylindres sont munis d'un by-pass à main.

Les tiroirs et les cylindres sont graissés sous pression par un graisseur mécanique Wakefield, à six départs, placé sur le tablier de la locomotive. Des conduites de graissage aboutissent sur les arrivées de vapeur dans les boîtes à vapeur HP et BP et dans les cylindres HP; les quatre départs aboutissant aux boîtes à vapeur HP et aux cylindres HP sont munis d'anticarboniseurs.

b) *Distribution.* — Les tiroirs de distribution sont cylindriques.

Comme sur la presque totalité des locomotives compound P.-L.-M., les distributions HP et BP sont « conjuguées », ce qui simplifie à la fois les mécanismes intérieurs de distribution, la forme de l'essieu coudé et le changement de marche lui-même (une seule vis au lieu de deux).

Le tiroir de chacun des cylindres extérieurs (BP) admet par les arêtes extérieures; il est commandé par un mouvement de distribution Walschaerts complet.

Le tiroir de chacun des cylindres intérieurs (HP) admet par les arêtes intérieures; il est commandé à l'avant par un levier d'avance dont l'extrémité inférieure est entraînée par la contre-tige du piston. Son extrémité supérieure est reliée au bras d'un arbre transversal dont les oscillations sont solidaires de celles de la coulisse extérieure voisine.

Le réglage de la distribution est tel qu'à une admission de 50 % aux cylindres d'admission correspond une admission de 66 % aux cylindres de détente. Le tableau ci-après donne la correspondance entre les admissions HP et BP :

ADMISSION EN %	
HP	BP
20	29
30	44
40	56
50	66
60	75
70	83
75	86

c) *Essieux moteurs.* — Le diamètre au roulement des roues motrices est de 2 mètres.

L'essieu coudé (troisième essieu moteur) est en trois morceaux : deux éléments extrêmes en acier au nickel-chrome et un élément central en acier E. Il est « auto équilibré », autrement dit, les manivelles des coudes sont munies de contrepoids réalisant l'équilibrage des masses excentrées intérieures à mouvement circulaire, les masses excentrées extérieures étant équilibrées par les contrepoids des roues.

d) *Frein*. — La machine porte tous les organes du frein à air comprimé automatique et modérable système Westinghouse-Henry.

La pompe à air est du type bi-compound.

Tous les essieux, à l'exception du bissel, sont freinés à 66 % de leur poids sur rails. La timonerie de frein comprend deux ensembles absolument indépendants, un pour le bogie, l'autre pour les essieux accouplés.

e) *Contre-vapeur*. — Un robinet de contre-vapeur permet d'envoyer dans l'échappement des cylindres de détente un mélange d'eau et de vapeur pendant la marche à contre-vapeur.

f) *Sablière*. — La locomotive est munie d'une sablière à vapeur système Gresham, permettant d'amener le sable sur les rails soit à l'avant des roues des 4^e et 5^e essieux, soit à l'arrière des roues du 5^e essieu.

g) *Chauffage par la vapeur*. — La machine possède une prise de vapeur avec robinet détenteur genre Mason, permettant le chauffage par la vapeur du train remorqué.

h) *Indicateurs-enregistreurs de vitesse et de chauffage et avertisseur-enregistreur de signaux à l'arrêt*. — La machine est munie d'un indicateur-enregistreur de vitesse système Flaman, d'un avertisseur-enregistreur des signaux franchis en position d'arrêt et d'un indicateur-enregistreur de la pression de la vapeur dans la conduite de chauffage du train.

i) *Eclairage de la locomotive*. — La locomotive est éclairée électriquement par le courant d'une turbo-dynamo Sunbeam de 0,500 kW placée au-dessus de la boîte à feu. Les lanternes sont du type Ducellier.

6° Caractéristiques principales de la locomotive

La figure 6 donne les caractéristiques principales de la locomotive 241.C-1.

III. — ESSAIS EFFECTUÉS AVEC LA LOCOMOTIVE 241.C-1 ET RÉSULTATS OBTENUS

Après s'être assuré de la bonne tenue en service des divers organes, la locomotive 241.C-1 fut soumise à des essais méthodiques, en suivant la méthode d'expérimentation dite « à vitesse constante » (voir à ce sujet notre article sur la locomotive à haute pression 241.B-1 paru dans la *Revue Générale* de Janvier 1932). Nous ferons remarquer en passant qu'on a pu, avec des locomotives-frein, *soutenir des vitesses supérieures à 120 km/h*.

A. — PREMIÈRE SÉRIE D'ESSAIS

Une première série d'essais fut faite en Octobre et Novembre 1931 avec la locomotive dans l'état où elle se trouvait à sa sortie de construction, alors qu'elle était munie en particulier de l'échappement P.-L.-M. à tréfle et du dispositif Prandlt à l'avant de la boîte à fumée (Fig. 1)

α. — CHAUDIÈRE

1° Pression dans la chaudière

En vue d'éviter les pertes de vapeur par les soupapes de sûreté, la chaudière de la locomotive 241.C-1 a été timbrée, pour les essais, à 21 kg/cm².

La pression dans la chaudière a oscillé entre 20 et 20,5 kg/cm².

2° Température de l'eau d'alimentation et coefficient

d'utilisation dans le réchauffeur de la vapeur d'échappement des cylindres

La température de l'eau d'alimentation s'est maintenue, en général, entre 95° et 100° C (réchauffeur A.C.F.I, type R.M) pour des températures de l'eau du tender comprises entre 10 et 15° 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 totale de vapeur ayant travaillé dans les cylindres, a oscillé entre 5 et 11 % ; il a été, en général, de 9 %.

3° Température de la vapeur surchauffée

La température de la vapeur, à la sortie du collecteur, a varié entre 340 et 370° C.

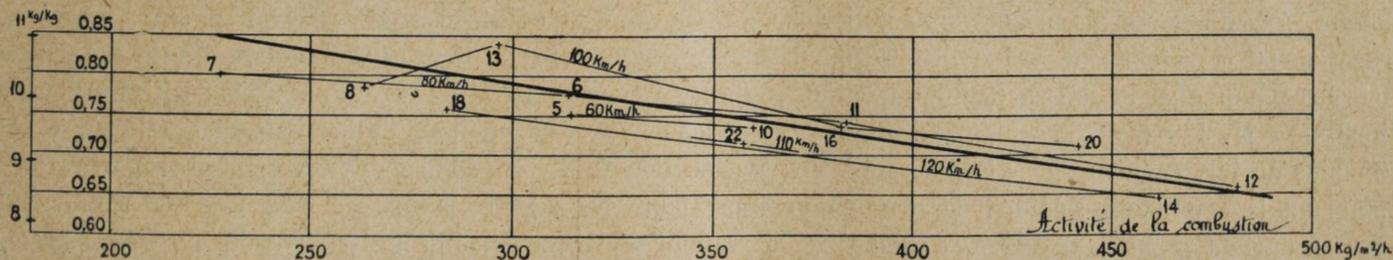
4° Température des gaz de la combustion

La température des gaz de la combustion a varié entre 320 et 370° C.

5° Rendement de la chaudière

Le rendement de la chaudière décroît de 0,85 à 0,65 lorsque l'activité de la combustion croît de 225 à 475 kg/m²/h (Fig. 7).

Fig. 7. — RENDEMENT DE LA CHAUDIÈRE.
TAUX FICTIF DE VAPORISATION (en kg. par kg. de charbon).



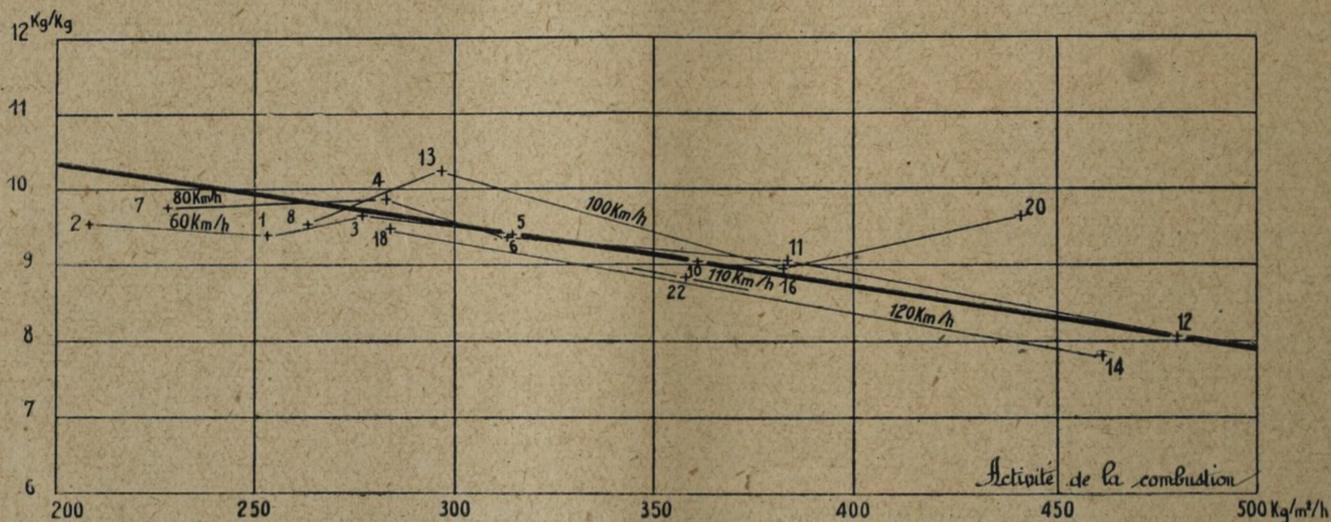
6° Puissance et taux de vaporisation.

Les figures 7 à 14 donnent les variations de la puissance et du taux de vaporisation en fonction de l'activité de la combustion du charbon sur la grille (Fig. 7 à 10) et en fonction de la puissance au crochet de traction du tender (Fig. 11 à 14).

Les figures 7 à 10 montrent, en particulier, que lorsque l'activité de la combustion croît de 225 à 475 kg/m²/h ⁽¹⁾,

- le *taux fictif de vaporisation* (par kg de charbon) décroît de 11 à 8,5 kg/kg,
- le *taux brut de vaporisation* (par kg de charbon) décroît de 10 à 8 kg/kg,
- la *puissance fictive de vaporisation* (par m² de surface de chauffe et par heure) croît de 50 à 83 kg/m²/h,
- la *puissance brute de vaporisation* (par m² de surface de chauffe et par heure) croît de 45 à 78 kg/m²/h.

Fig. 8. — TAUX BRUT DE VAPORISATION (en kg. par kg. de charbon).



⁽¹⁾ La *puissance brute de vaporisation* d'une chaudière est, par définition, le poids de vapeur utilisable sortant de cette chaudière dans un temps donné, déduction faite par conséquent de la quantité de vapeur employée pour le fonctionnement des pompes et injecteurs.

Dans le cas d'une chaudière alimentée uniquement avec un injecteur, la puissance brute de vaporisation est égale (aux pertes près) à la quantité d'eau prélevée au tender ; dans le cas d'une chaudière alimentée avec un réchauffeur par mélange, la puissance brute est égale (toujours aux pertes près) à la quantité d'eau prélevée au tender majorée de la quantité de vapeur d'échappement dérivée dans le réchauffeur.

Pour une même chaudière, la puissance brute dépend de la température de l'eau d'alimentation ; pour des chaudières différentes, la puissance brute dépend, en outre, du timbre de la chaudière et du degré de surchauffe. Aussi convient-il, en vue des comparaisons qu'on peut être amené à faire, d'évaluer la puissance de vaporisation en la rapportant à une production fictive de vapeur de chaleur totale connue. Cette idée n'est d'ailleurs pas nouvelle, et, en particulier, dans un rapport présenté en 1922 à la « Commission d'Utilisation du Combustible » M. J. Loiret, Président de la Sous-Commission qui s'occupait de l'utilisation du combustible sur les Chemins de fer, écrivait que « la puissance de vaporisation d'une chaudière devrait toujours être évaluée en ramenant la production réelle à la production équivalente de vapeur saturée à 100 degrés centigrades obtenus en partant d'eau à 0 degré, c'est-à-dire en vapeur à 640 calories et en rapportant cette production équivalente à la surface de chauffe de la chaudière, surchauffeur exclu, comme le propose M. Lawford Fry dans ses articles de l'Engineering » (J. O. du 23 Avril 1922, p. 4222).

Nous avons été ainsi amenés à définir la *puissance fictive de vaporisation d'une chaudière* par la quantité de vapeur à 640 calories pouvant être produite par la quantité de chaleur fournie à la chaudière par la combustion du charbon.

Dans le même ordre d'idées, il y a lieu de distinguer le *taux brut de vaporisation* du *taux fictif de vaporisation*, lequel est d'ailleurs proportionnel au rendement de la chaudière.

Fig. 9. — PUISSANCE FICTIVE DE VAPORISATION (en kg. par m² de surface de chauffe et par heure).

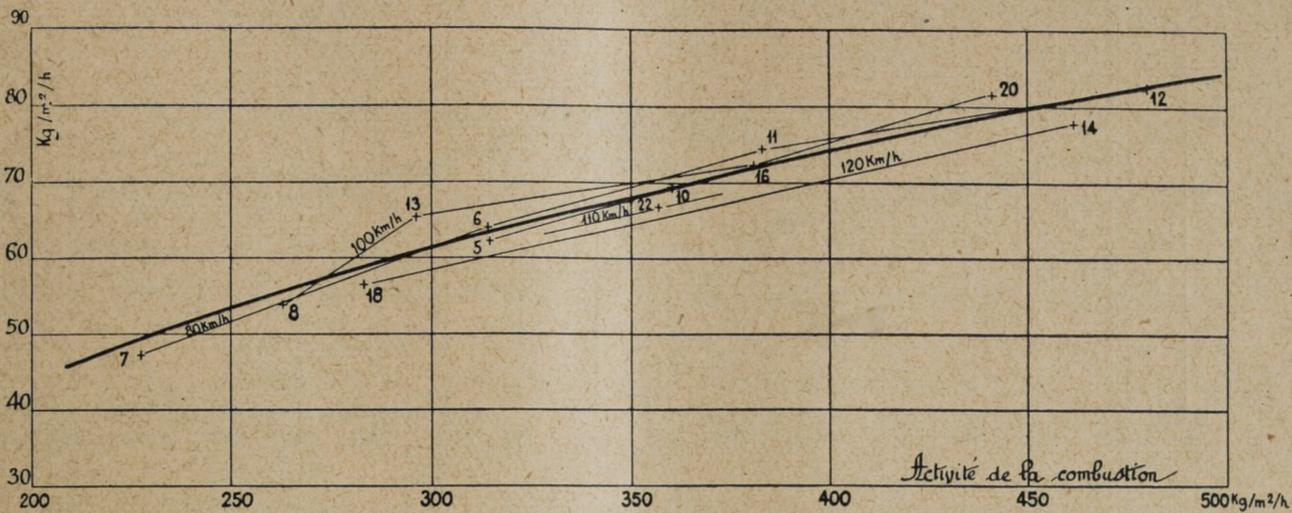


Fig. 10. — PUISSANCE BRUTE DE VAPORISATION (totale et par heure. — par m² de surface de chauffe et par heure).

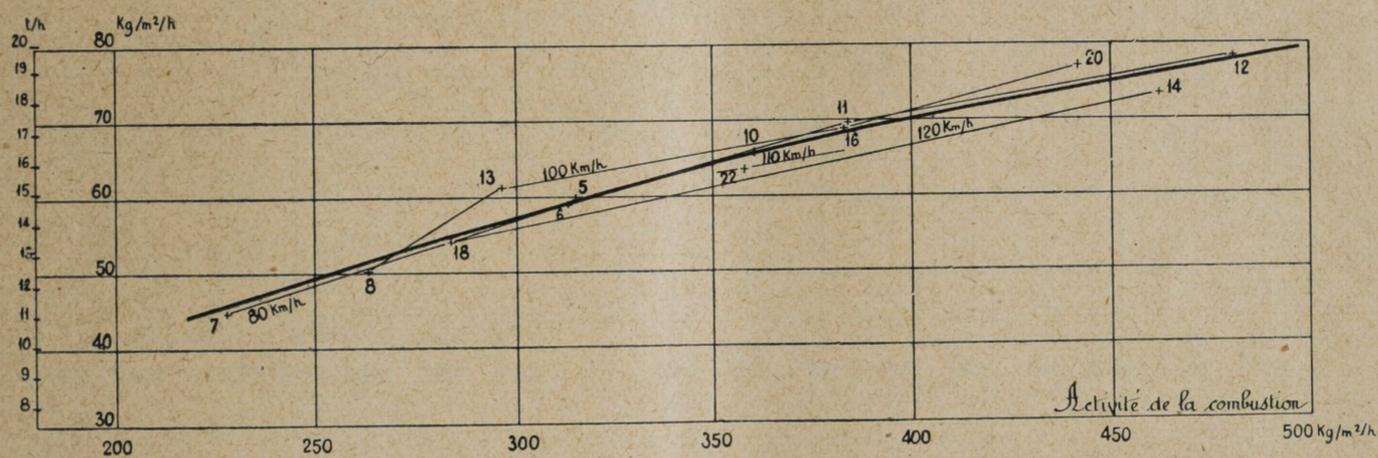


Fig. 11. — RENDEMENT DE LA CHAUDIÈRE.
TAUX FICTIF DE VAPORISATION (en kg. par kg. de charbon).

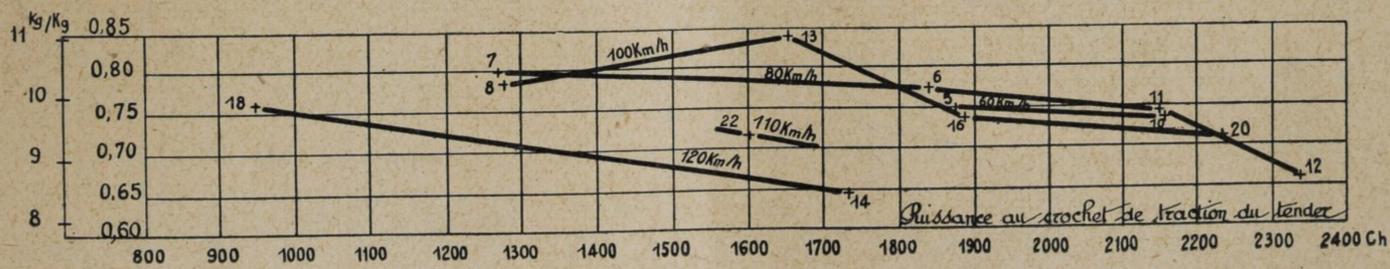


Fig. 12. — TAUX BRUT DE VAPORISATION (en kg. par kg. de charbon).

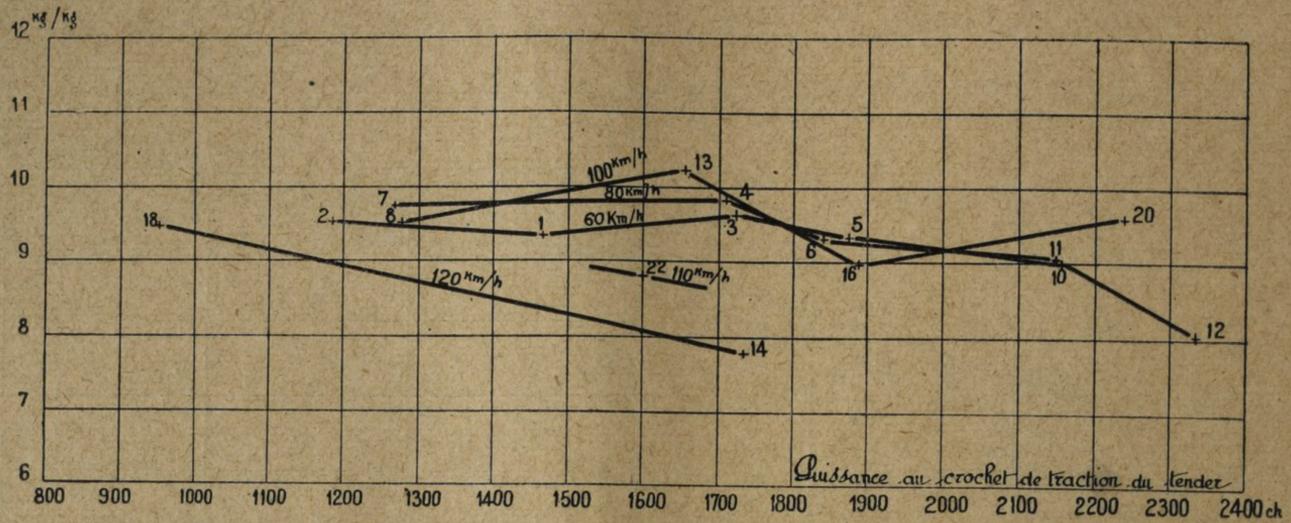


Fig. 13. — PUISSANCE FICTIVE DE VAPORISATION (en kg. par m² de surface de chauffe et par heure).

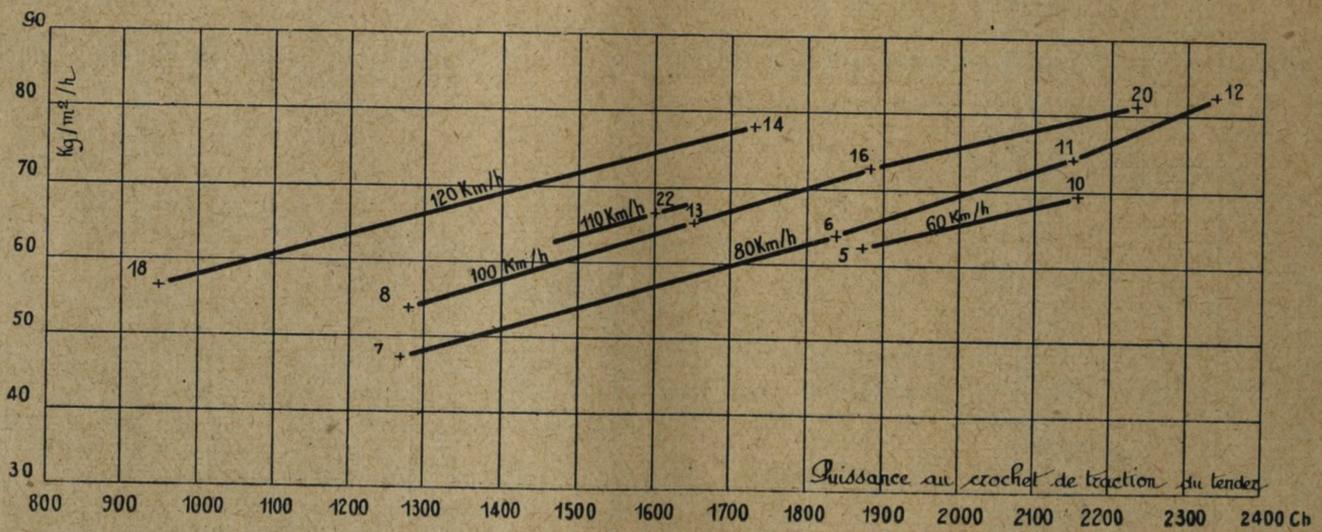
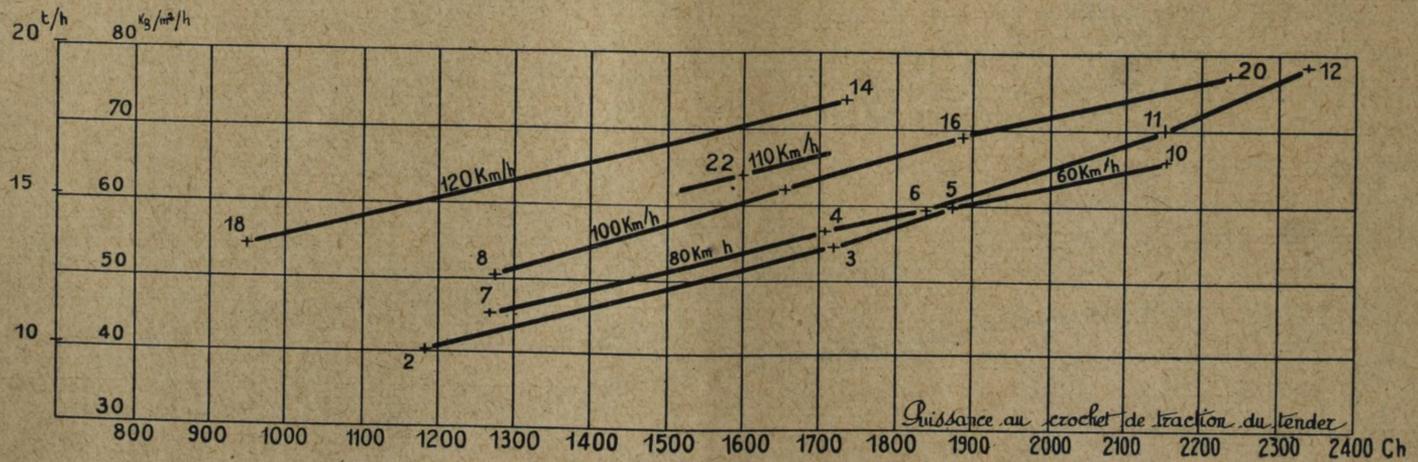


Fig. 14. — PUISSANCE BRUTE DE VAPORISATION (totale et par heure. — par m² de surface de chauffe et par heure).



7° Répartition des calories fournies à la chaudière.

Le nombre total de calories fournies par heure à la chaudière (surchauffeur compris) dépasse 13 millions pour une activité de combustion de 480 kg/m²/h.

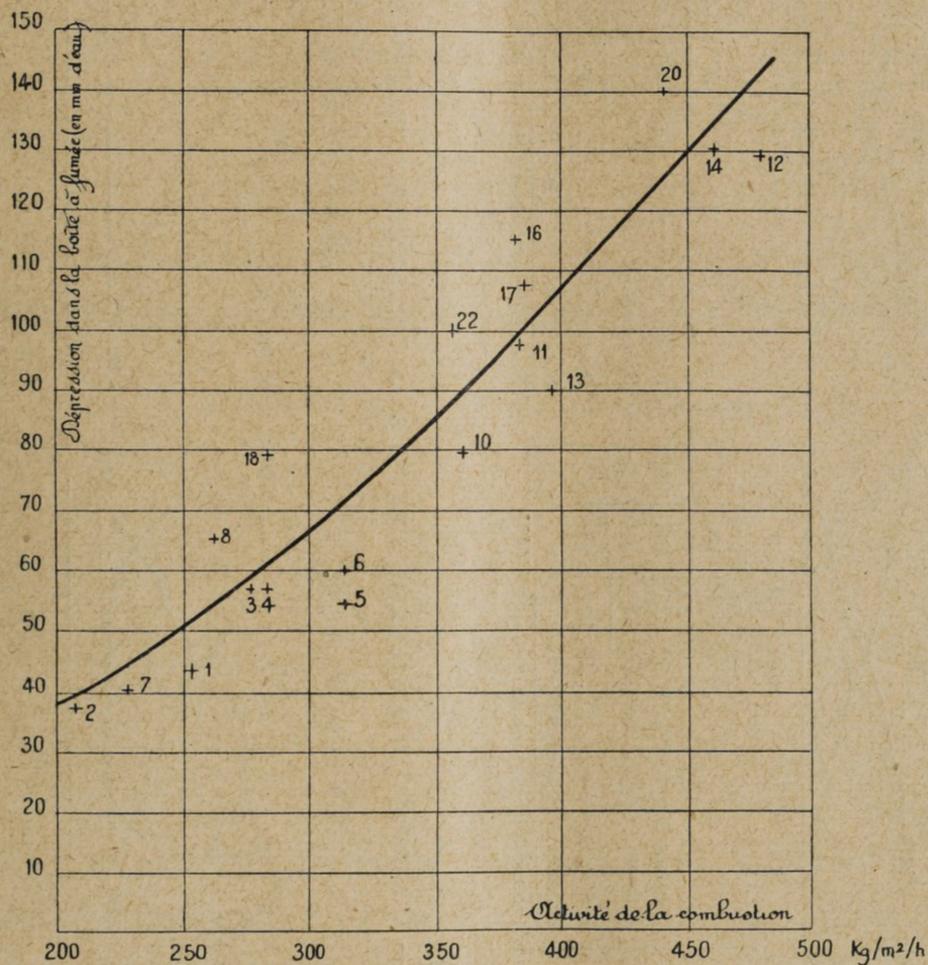
Sur le total des calories fournies, 87 % le sont à la chaudière proprement dite et 13 % au surchauffeur.

8° Dépression dans la boîte à fumée.

La figure 15 donne la courbe de dépression dans la boîte à fumée en fonction de l'activité de la combustion.

Le tirage est de 150 mm d'eau pour une activité de combustion de 500 kg/m²/h.

Fig. 15. — DÉPRESSION DANS LA BOÎTE A FUMÉE.



β. — MOTEUR.

1° Puissance indiquée (P_i).

Les figures 16 à 18 reproduisent les diagrammes d'indicateurs aux vitesses V = 60, 80, 100 et 120 km/h et aux admissions 35, 45 et 50 % (1).

On remarquera que ces diagrammes sont bons quelles que soient les conditions de marche. Ce résultat explique *la grande liberté d'allure* de la locomotive aux fortes vitesses et

(1) Il a été placé un indicateur sur chaque fond de cylindre, soit quatre appareils.

Fig. 16. — DIAGRAMMES D'INDICATEURS RELEVÉS AVEC UNE ADMISSION DE 35 % AUX CYLINDRES H.P.

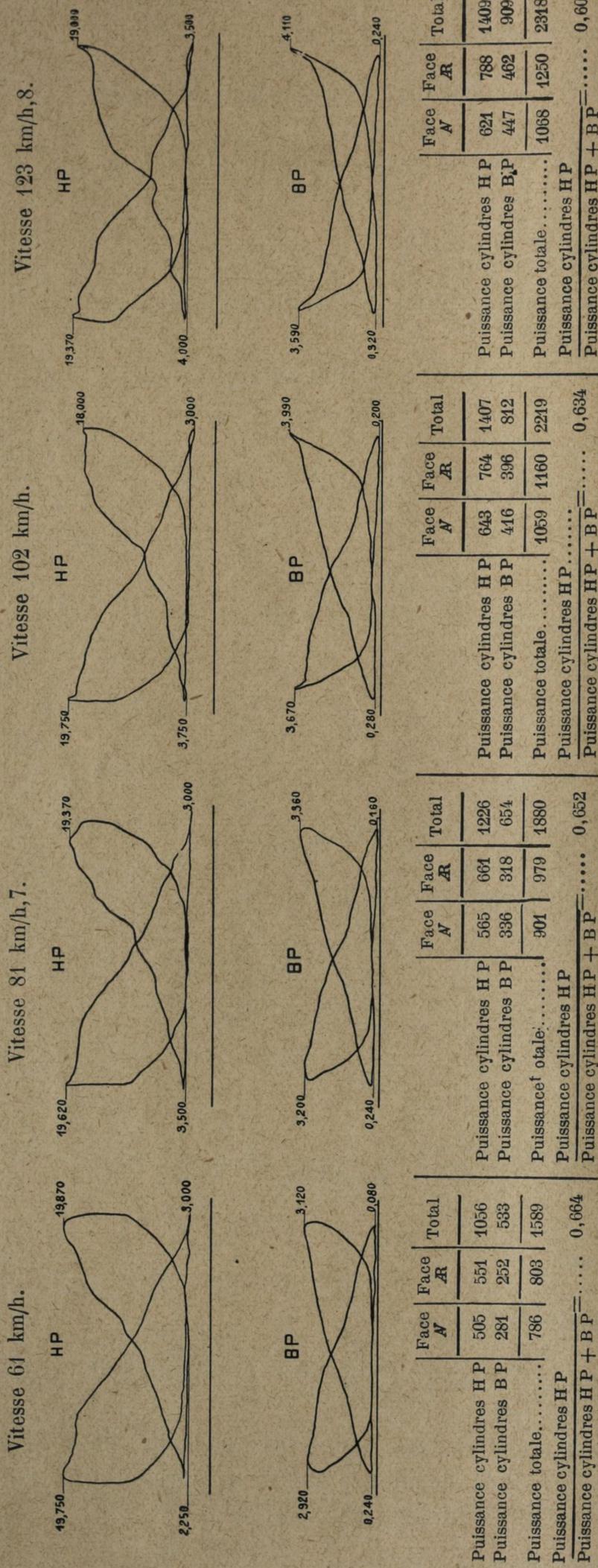


Fig. 17. — DIAGRAMMES D'INDICATEURS RELEVÉS AVEC UNE ADMISSION DE 45 % AUX CYLINDRES H.P.

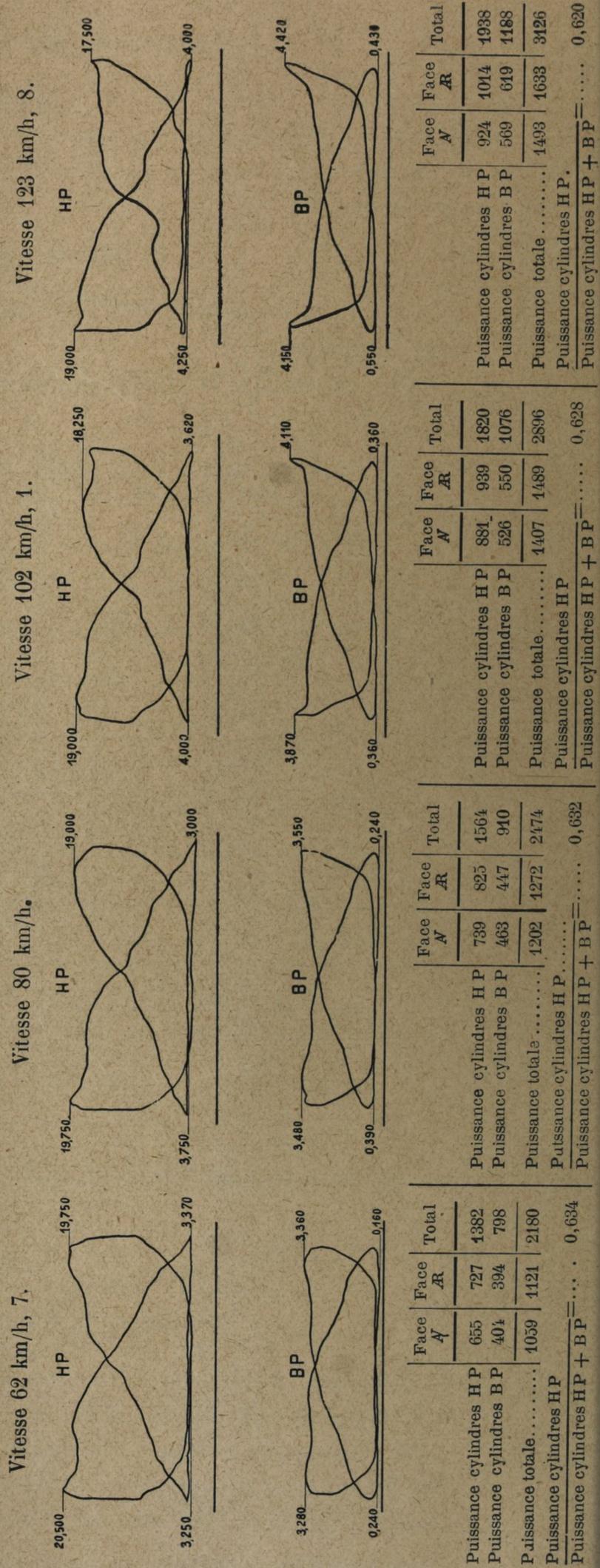
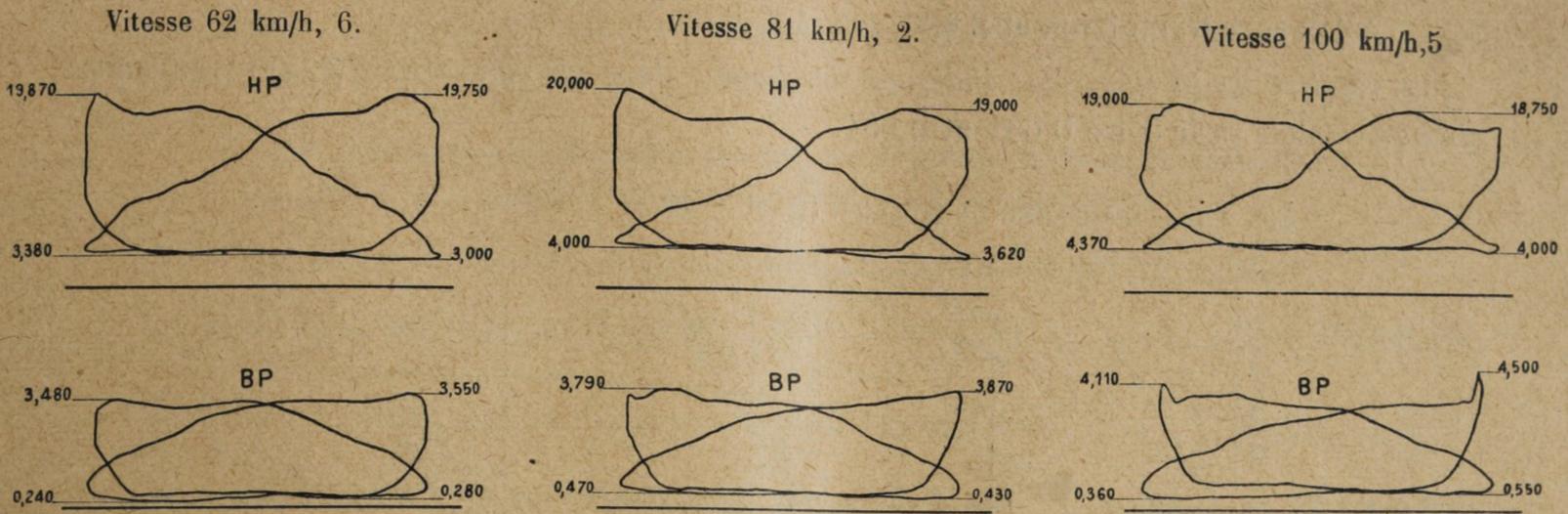


Fig. 18. — DIAGRAMMES D'INDICATEURS RELEVÉS AVEC UNE ADMISSION DE 50 % AUX CYLINDRES H P.



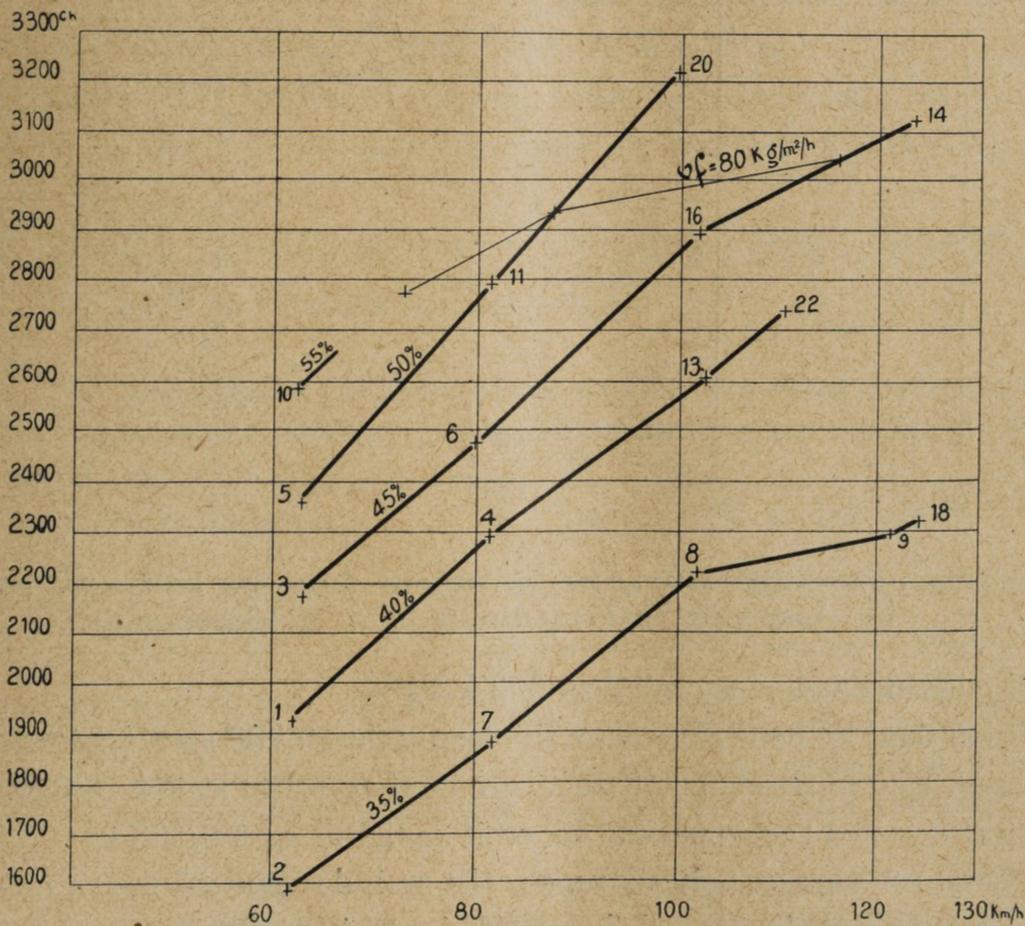
	Face A	Face R	Total
Puissance cylindres H P	713	759	1472
Puissance cylindres B P	448	442	890
Puissance totale	1161	1201	2362
Puissance cylindres H P			
Puissance cylindres H P + B P =			0,623

	Face A	Face R	Total
Puissance cylindres H P	812	894	1706
Puissance cylindres B P	549	539	1088
Puissance totale	1361	1433	2794
Puissance cylindres H P			
Puissance cylindres H P + B P =			0,611

	Face A	Face R	Total
Puissance cylindres H P	966	1031	1997
Puissance cylindres B P	604	617	1221
Puissance totale	1570	1648	3218
Puissance cylindres H P			
Puissance cylindres H P + B P =			0,621

la facilité relative avec laquelle on a pu tenir de façon continue 123,8 km/h sur un parcours de 100 km en développant une puissance indiquée de 3 126 ch et une puissance au crochet de traction de 1 841 ch.

Fig. 19. — PUISSANCE INDIQUÉE.



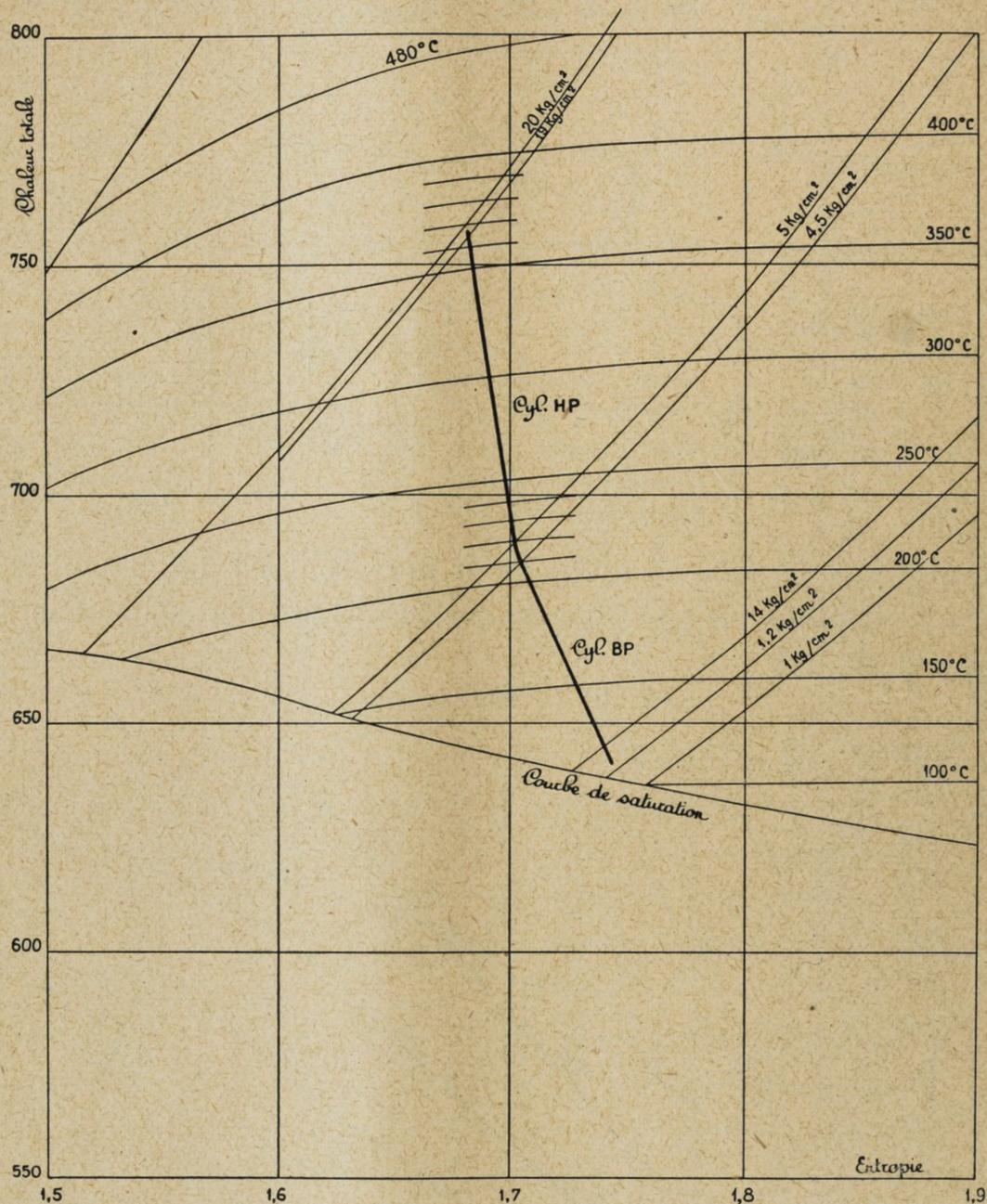
La figure 19 donne les courbes des puissances indiquées en fonction de la vitesse pour des admissions allant de 35 à 55 %.

Puissance indiquée *maximum* soutenue sur 100 km :

— 3 218 ch à 100,5 km/h et 3 126 ch à 123,8 km/h.

Le rapport de la puissance indiquée développée dans les cylindres HP à la puissance indiquée totale varie entre 0,601 et 0,664.

Fig. 20. — DIAGRAMME DE MOLLIER (Essai N° 11. — $i = 50\%$ — $V = 80$ km/h).



2° Pressions et températures de la vapeur dans les boîtes à vapeur HP au réservoir intermédiaire et à l'échappement.

Lorsque la puissance indiquée croît de 1 600 à 3 100 ch,

— la pression dans les boîtes à vapeur HP décroît de 19,700 kg à 18,400 kg,

— la pression dans le réservoir intermédiaire croît de 3,100 kg à 4,100 kg,

— la contrepression à l'échappement BP croît de 0,105 kg à 0,400 kg,

— la température dans les boîtes à vapeur HP croît de 320 à 370°,

— la température dans le réservoir intermédiaire croît de 180 à 240°,

— la température à l'échappement a été, lorsqu'on a pu la mesurer, comprise entre 110 et 120°.

3° Consommation de calories par le moteur par cheval indiqué.

Le moteur consomme suivant les puissances et les vitesses de 4 300 à 4 800 calories par ch.h indiqué.

4° Rendements thermiques et spécifiques de l'appareil moteur et des cylindres considérés isolément.

Pour les essais où les calculs ont été effectués, on a trouvé les chiffres suivants :

- rendement spécifique de l'appareil moteur ($\alpha = \frac{\Delta \lambda_R}{\Delta \lambda_T}$)..... de 0,74 à 0,86
- rendement thermique théorique du moteur ($\rho_T = \frac{\Delta \lambda_T}{\lambda}$)..... de 0,18 à 0,19
- rendement thermique réel du moteur ($\rho_M = \frac{\Delta \lambda_R}{\lambda} = \rho_T \alpha$)..... de 0,13 à 0,15
- rendement spécifique des cylindres HP..... de 0,75 à 0,86
- rendement spécifique des cylindres BP..... de 0,60 à 0,81

La figure 20 donne le diagramme de Mollier de l'utilisation de la vapeur dans l'appareil moteur, dans le cas de l'essai n° 11 caractérisé par une admission de 50% et une vitesse de 80 km/h.

γ. — PUISSANCE AU CROCHET DE TRACTION DU TENDER. — RENDEMENT DU MÉCANISME.

1° Effort et puissance au crochet de traction du tender (Pe).

Les figures 21 et 22 donnent les courbes des efforts et puissances au crochet de traction en fonction de la vitesse pour des admissions allant de 35 à 55%.

On a porté d'autre part, sur ces figures les courbes correspondant à une *puissance fictive de vaporisation* $v_f = 80 \text{ kg/m}^2/\text{h}$, laquelle, avec du charbon de bonne qualité, a pu être maintenue au cours des essais (1).

Puissance maximum au crochet de traction *soutenue sur 100 km* : 2 415 ch à 81,8 km/h, 2 330 ch à 100,5 km/h et 1 841 ch à 123,8 km/h.

2° Rendement du mécanisme et résistance au roulement de l'ensemble constitué par la locomotive et un tender de 30 m³

Le *rendement du mécanisme* ($\rho_L = \frac{Pe}{Pi}$) qui est égal à 0,85 pour $V = 60 \text{ km/h}$ et $i = 55\%$, tombe à 0,43 pour $V = 123,8 \text{ km/h}$ et $i = 35\%$ (Fig. 23).

(1) Pour l'établissement du livret des charges, on peut admettre, comme le fait la Reichsbahn, que la courbe de l'effort au crochet de traction du tender en fonction de la vitesse correspond à une puissance donnée de vaporisation, qu'on appellera *puissance limite de vaporisation*, l'effort moteur étant supposé n'être limité que par la puissance de vaporisation de la chaudière (bien entendu, aux faibles vitesses, l'effort est limité par l'adhérence).

La puissance « limite » représentant alors une vaporisation devant pouvoir être atteinte dans tous les cas (en particulier, quelle que soit la nature du combustible), il faut pratiquement se réserver une certaine marge par rapport au chiffre maximum atteint au cours d'essais spéciaux.

Pour l'établissement du livret des charges de la locomotive 241.C-1, on prendra donc comme valeur de la puissance limite fictive de vaporisation un chiffre inférieur à 80 kg/m²/h.

Fig. 22. — PUISSANCE AU CROCHET DE TRACTION DU TENDER.
(en palier).

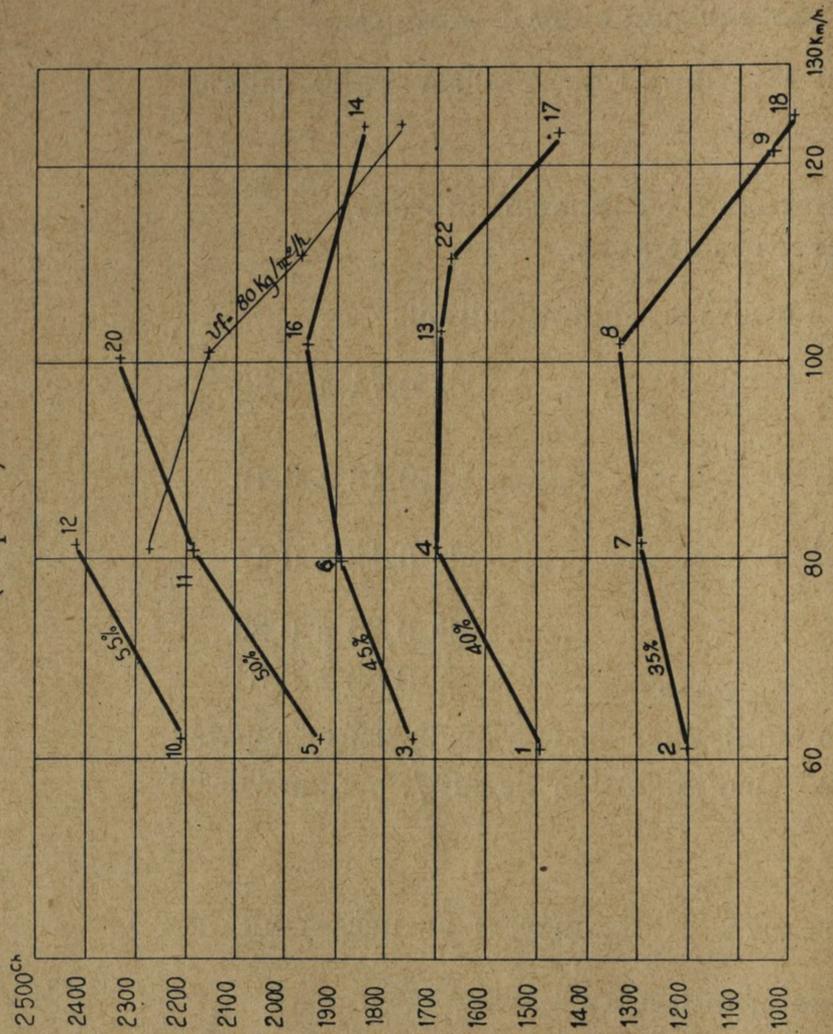


Fig. 23. — RENDEMENT DU MÉCANISME.

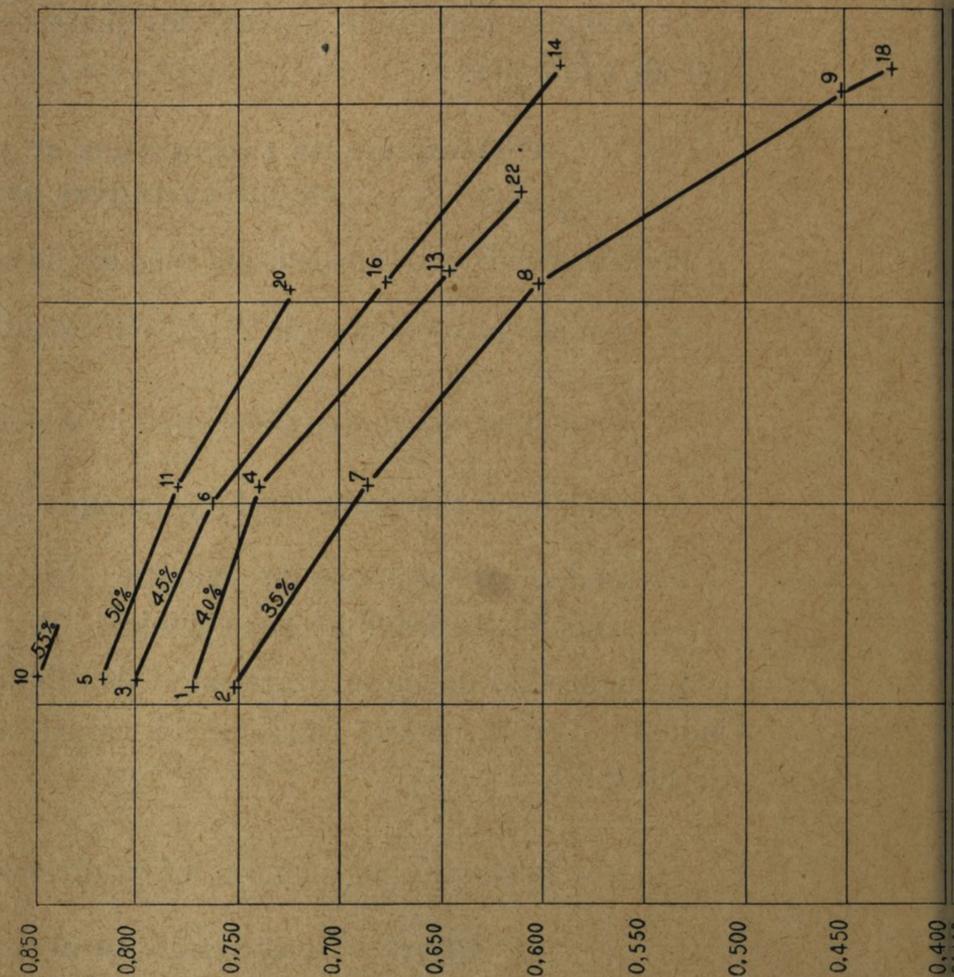
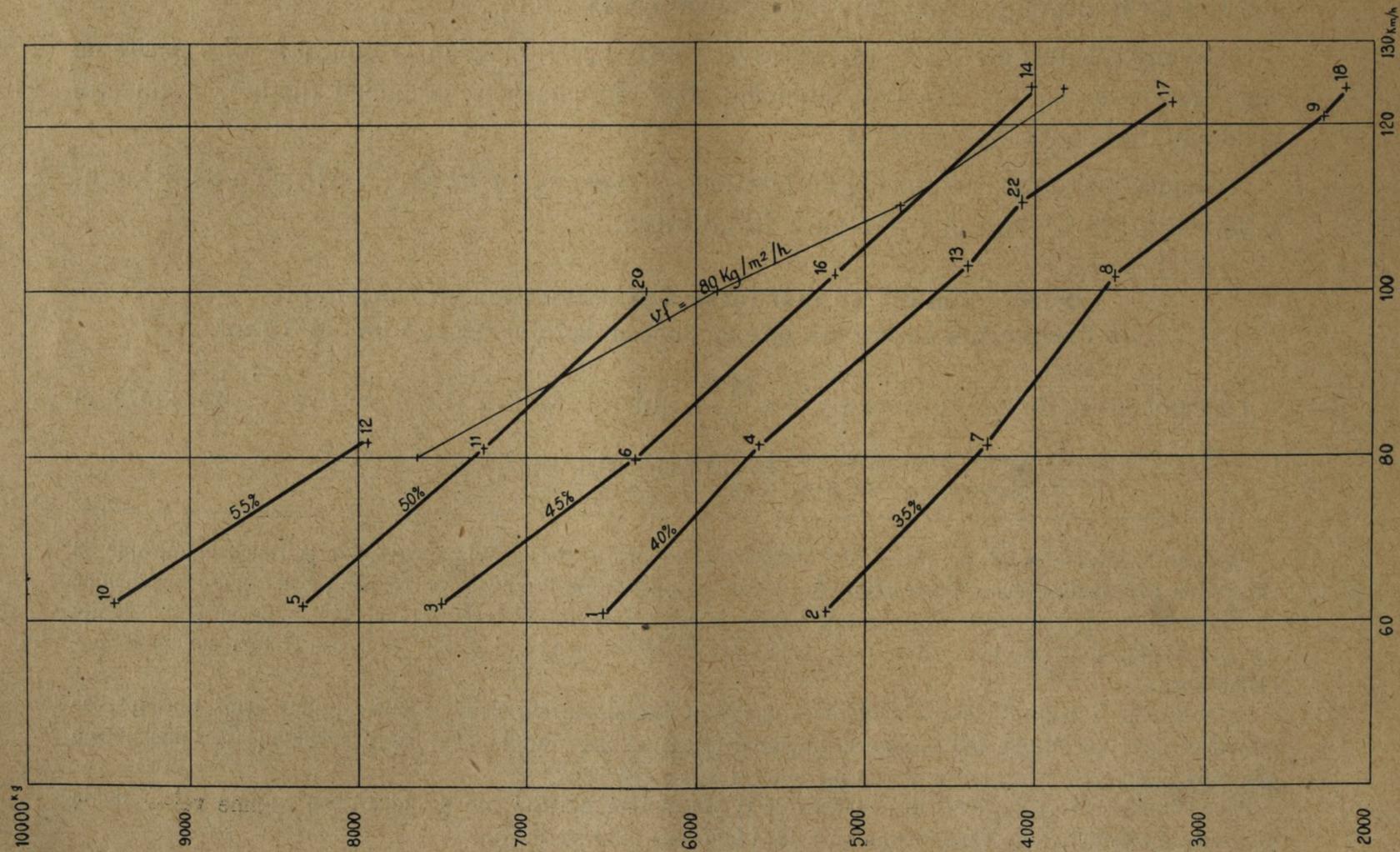


Fig. 21. — EFFORT AU CROCHET DE TRACTION DU TENDER.
(en palier).



La puissance absorbée pour la remorque de l'ensemble constitué par la locomotive et un tender de 30 m³ passe de 400 ch pour V = 60 km/h, à 600 ch pour V = 80 km/h, 900 ch pour V = 100 km/h et 1 300 ch pour V = 120 km/h (Fig. 24).

Fig. 24.
 PUISSANCE ABSORBÉE POUR LA REMORQUE DE L'ENSEMBLE CONSTITUÉ PAR LA LOCOMOTIVE 241-C-1 ET UN TENDER DE 30 m³.

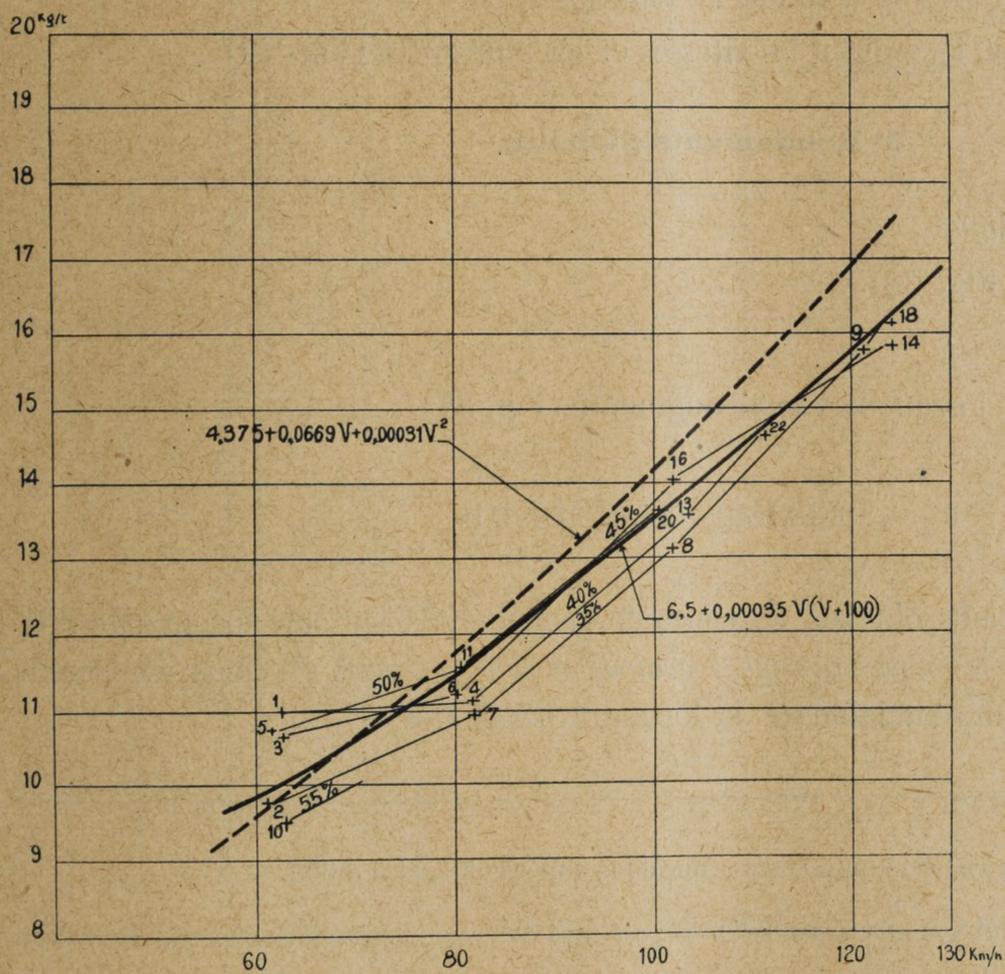
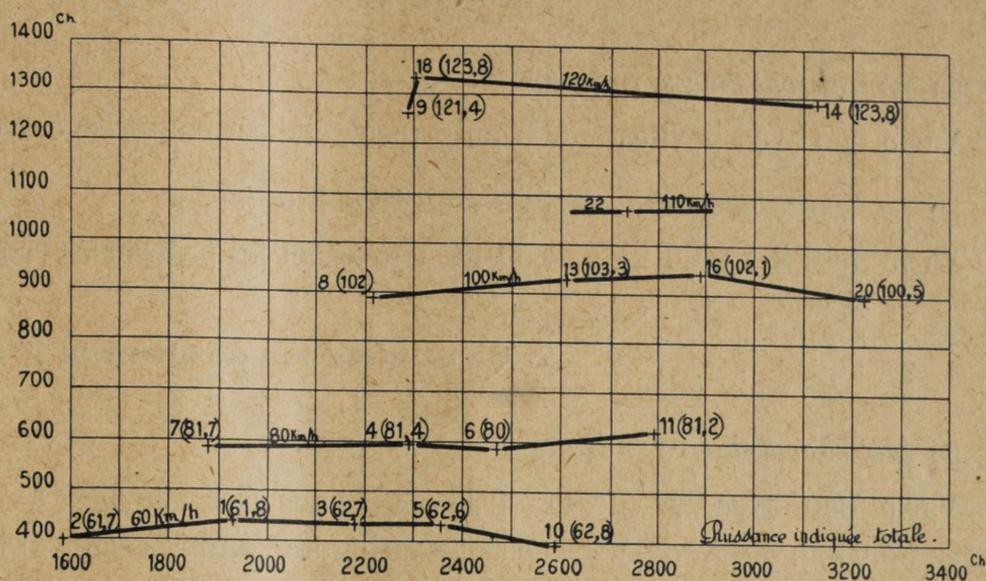


Fig. 25.
 RÉSISTANCE AU ROULEMENT DE L'ENSEMBLE CONSTITUÉ PAR LA LOCOMOTIVE 241-C-1 ET UN TENDER DE 30 m³.

La résistance au roulement (en kg/t) de cet ensemble qui est de l'ordre de 10 kg/t à 60 km/h et 16 kg/t à 120 km/h (Fig. 25) est fort bien représentée par la formule :

$$r_1 = 6,5 + 0,00035 V (V + 100)$$

très voisine, pour la zone considérée, de la formule Sanzin (1)

$$r_2 = 4,375 + 0,0669 V + 0,00031 V^2$$

(1) Voir Nadal « Locomotives à vapeur », page 297 de l'édition de 1921.

δ. — CONSOMMATIONS D'EAU ET DE CHARBON ET RENDEMENTS GLOBAUX

1° Consommation d'eau du tender

a) *par cheval-heure indiqué*

Varie peu avec la vitesse et la puissance ; elle est comprise entre 5,3 et 6 kg (Fig. 26).

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

Varie de 6,8 à 12,7 kg suivant les vitesses et les puissances (Fig. 27).

2° Consommation de charbon (1)

a) *par cheval-heure indiqué*

Varie peu avec la vitesse et la puissance (les courbes à vitesse constante présentent néanmoins un minimum). La consommation est comprise entre 0,600 kg et 0,800 kg (Fig. 28)

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

Varie de 0,800 kg à 1,500 kg suivant les vitesses et les puissances (Fig. 29).

3° Rendements globaux

a) *Rendement global indiqué*

Varie de 0,097 à 0,132 (Fig. 30).

b) *Rendement global effectif*

Décroit de 0,094 à 0,051 lorsque la vitesse augmente (Fig. 31).

B. — DEUXIÈME SÉRIE D'ESSAIS.

Les résultats très intéressants obtenus au cours de l'année 1931 sur une locomotive 231.D avec un échappement *P.-L.-M. nouveau type à croisillon et à petticoat* (2) nous amenèrent à faire l'essai d'un échappement semblable sur la locomotive 241.C-1.

(1) Consommation exprimée en charbon de pouvoir calorifique supérieur égal à 8 300.

(2) L'échappement *P.-L.-M. nouveau type à croisillon et petticoat* diffère de l'échappement *P.-L.-M. ordinaire* à trèfle par les points suivants :

— *larges sections de passage* pour la vapeur d'échappement et les gaz de la combustion (par le fait même qu'elle supprime les rabattements de fumée sur l'abri, l'application de tôles latérales permet de réduire la force de l'échappement et, partant, d'augmenter les sections de passage),

— *croisillon (mobile)*, au lieu du trèfle (mobile), pour augmenter la surface de contact entre les gaz et la vapeur (le croisillon ne diffère du trèfle que par le nombre d'ailettes : 4 au lieu de 3),

— *petticoat* pour régulariser la combustion du charbon sur la grille.

L'application de ce nouvel échappement a permis, sur une locomotive 231.D (type 2-3-1) de réduire de plus de 50 % la contrepression à égalité de tirage.

Fig. 26. — CONSOMMATION D'EAU DU TENDER PAR CHEVAL-HEURE INDIQUÉ.

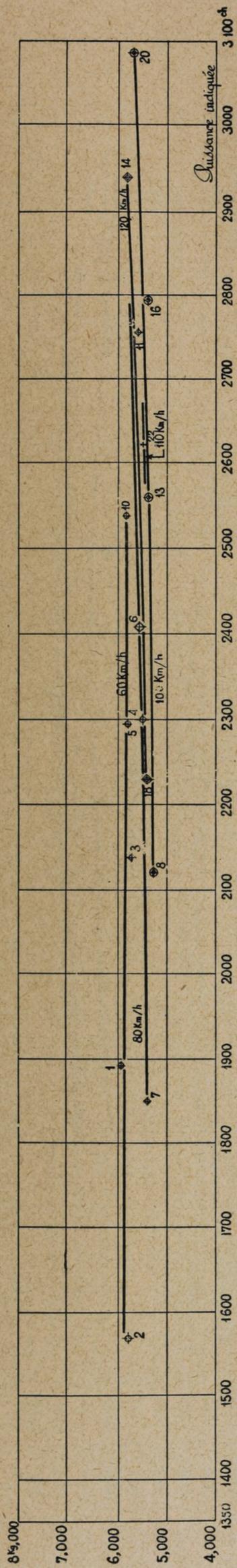


Fig. 27. — CONSOMMATION D'EAU DU TENDER PAR CHEVAL-HEURE AU CROCHET DE TRACTION DU TENDER.

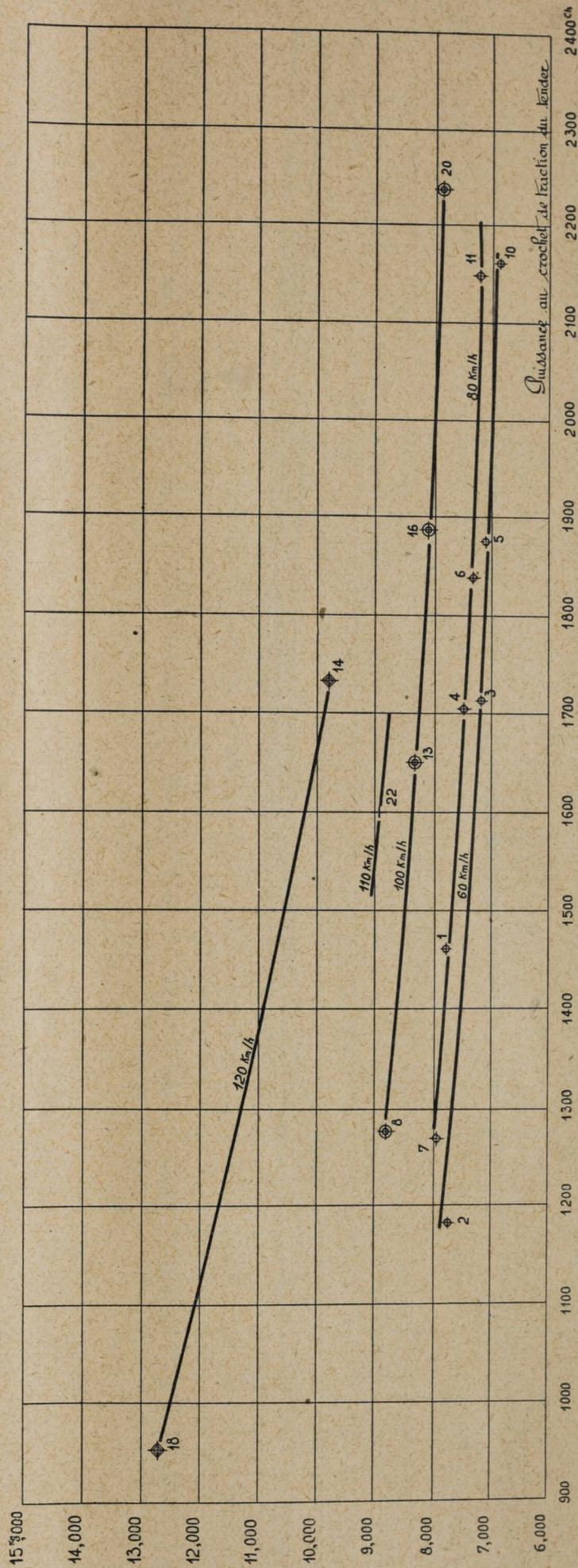


Fig. 30. — RENDEMENT GLOBAL INDIQUÉ.

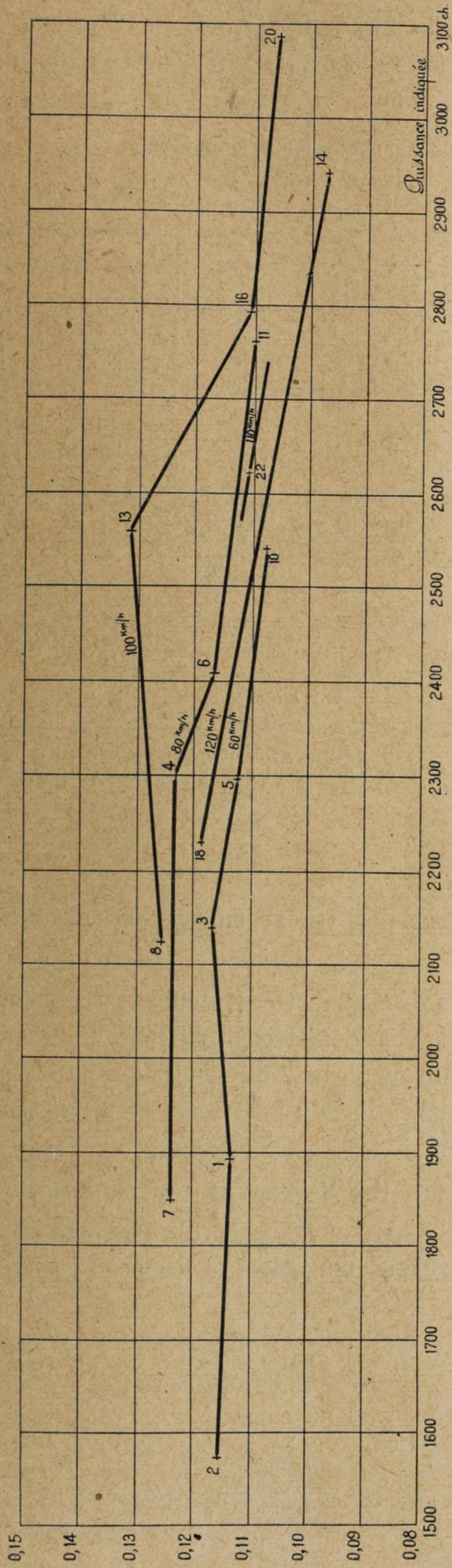
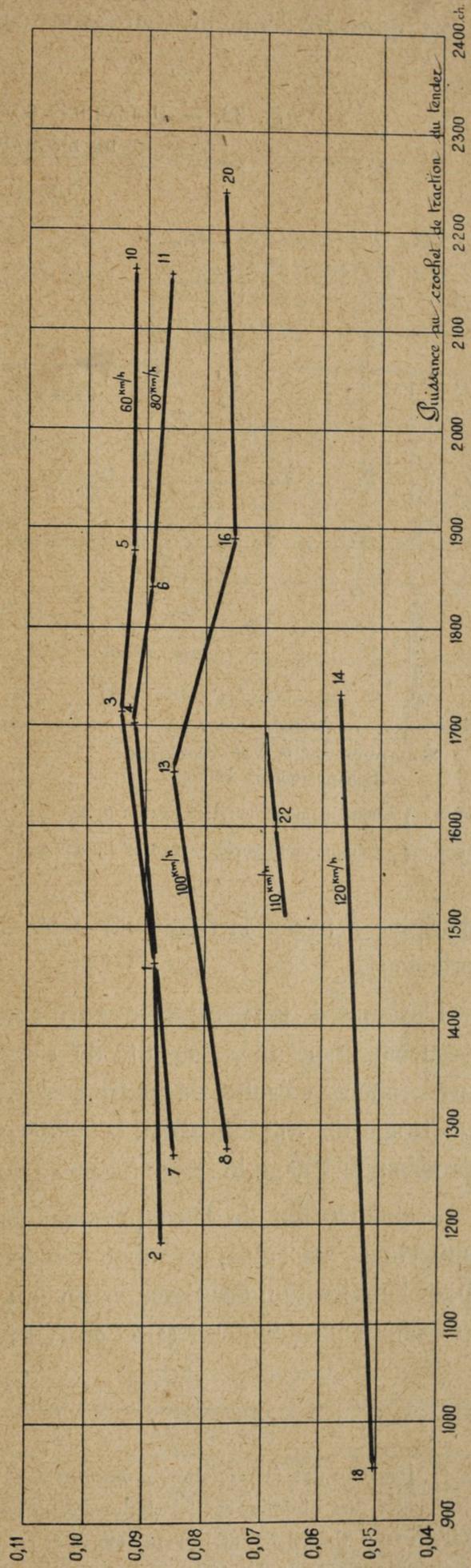


Fig. 31. — RENDEMENT GLOBAL EFFECTIF.



En définitive, la locomotive 241.C-1 a reçu les modifications suivantes (Fig. 2) :

- substitution de l'échappement double P.-L.-M. nouveau type (à croisillons et à petticoats) à l'échappement P.-L.-M. à trèfle,
- application de tôles latérales,
- suppression du dispositif Prandlt.

Une série très réduite d'essais à vitesse constante fut alors effectuée en Mars 1932, de façon à se rendre compte exactement de l'influence, sur le rendement de la locomotive, des modifications qui lui furent apportées. Les caractéristiques choisies furent $V = 100$ km/h avec les admissions 40, 45 et 50 %.

Les résultats obtenus sont indiqués ci-après :

1° La *vaporisation* a été nettement améliorée. On a pu, en particulier, pendant toute la durée des essais, maintenir facilement la pression dans la chaudière au timbre (21 kg/cm²), alors qu'avec l'échappement d'origine on ne dépassait guère $20,5$ kg/cm².

Fig. 33. — CARACTÉRISTIQUES COMPARÉES DE L'ÉCHAPPEMENT P.L.M. D'ORIGINE ET DE L'ÉCHAPPEMENT P.L.M. NOUVEAU TYPE.

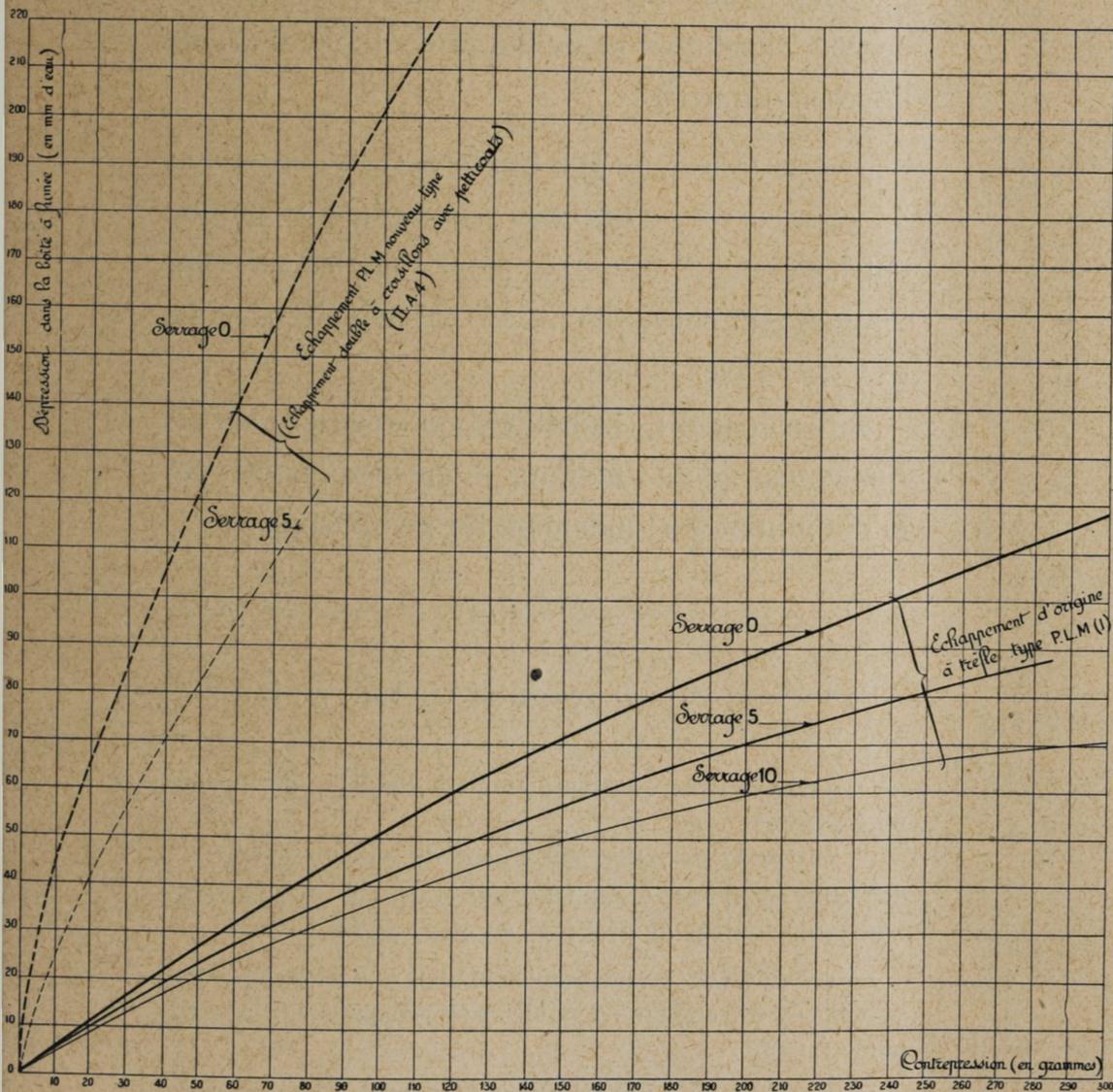
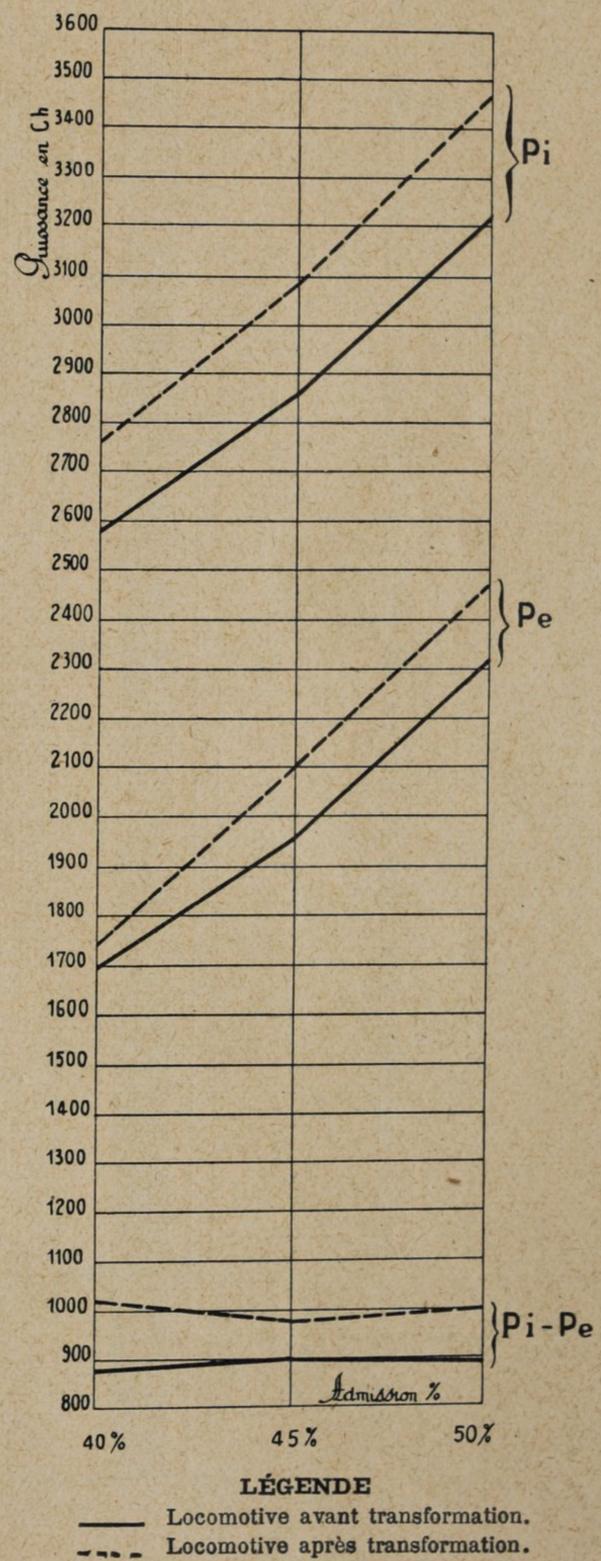


Fig. 34. — PUISSANCE INDIQUÉE, PUISSANCE EFFECTIVE ET PUISSANCE ABSORBÉE POUR LA REMORQUE DE LA LOCOMOTIVE ET DU TENDER A LA VITESSE $V = 100$ km/h.



EN RÉSUMÉ, les modifications apportées à la locomotive 241 C-1, ont permis d'améliorer sensiblement la puissance de la locomotive, sans augmenter les consommations de charbon et d'eau par cheval-heure au crochet de traction du tender (puissance maximum actuelle pouvant être soutenue : 3 500 chevaux indiqués et 2 500 chevaux effectifs à 100 km/h). Elles ont eu, en outre, le gros avantage de supprimer totalement les rabattements de fumée dont on avait parfois à se plaindre même avec l'échappement d'origine.

Pour terminer, nous reproduisons sur la figure 35 le relevé graphique d'un train du service courant formé à 636 tonnes, qui a pu être remorqué de Laroche à Blaisy-Bas (distance : 133 km, rampe continue de 2,4 mm/m en moyenne et de 8 mm/m sur les 13 derniers kilomètres, avec quatre ralentissements imposés par le Service de la Voie) à la vitesse commerciale de 102 km/h.
