

## LOCOMOTIVES PACIFIC P. L. M.

## 23 I-G, 23 I-H, 23 I-K.

## ESSAIS EFFECTUÉS ET RÉSULTATS OBTENUS.

par M. A. PARMANTIER,

Ingénieur en Chef

*On sait que l'augmentation de puissance des locomotives a été imposée, notamment, par l'introduction dans le parc des Réseaux, de voitures métalliques, incomparablement plus résistantes mais aussi un peu plus lourdes que les voitures en bois et par la nécessité de concurrencer l'automobile en accroissant la vitesse moyenne des trains. Comme il ne pouvait être question de renouveler entièrement par des constructions neuves, le parc des locomotives de vitesse des Réseaux, l'augmentation indispensable de la puissance utile des locomotives existantes ne pouvait être obtenue que par un accroissement simultané du rendement et du plafond de la puissance utile.*

*Malgré de très nombreuses variantes dans la forme, les moyens principaux mis en œuvre pour atteindre ce but ont été sensiblement les mêmes dans tous les Réseaux : élévation du timbre et de la température de surchauffe — utilisation de réchauffeurs d'eau — réduction des laminages dans le circuit de vapeur et de la contrepression à l'échappement — amélioration du tirage et de la combustion.*

*La « Revue Générale » a déjà donné plusieurs exemples des recherches faites dans ce but et des résultats obtenus sur le P.O. (1), l'Est (2), et l'État (3).*

*Il ressort de l'étude ci-après que le P.L.M., pour améliorer ses locomotives de vitesse, a appliqué les mêmes principes en conservant aux différents organes, notamment à la distribution, les formes les plus simples et les plus classiques. C'est cette même recherche de la simplicité*

(1) Cf. Notes de M. Chapelon, Nos de Juillet 1931, Février et Mars 1935.

(2) Cf. Note de MM. Poncet et Léguille, N<sup>o</sup> de Janvier 1937.(3) Cf. Note de M. Barrier, N<sup>o</sup> de Mars 1938.



qui avait conduit le P.L.M. à remplacer il y a déjà longtemps, les distributions HP et BP indépendantes, qu'on rencontre sur presque toutes les autres locomotives compound, par des distributions liées dont le rapport des admissions HP et BP reste fixe.

A la fin de l'exposé des transformations successives des machines 2.3.1, M. Parmantier se demande à son tour si les marches indépendantes ne devront pas, malgré leur complication, être préférées aux marches liées, et s'il ne serait pas avantageux, pour faciliter le démarrage, de compléter cette modification par l'adjonction d'un dispositif permettant de faire fonctionner en simple expansion les groupes de cylindres HP et BP.

Les essais en cours permettront de déterminer si le rendement doit être sacrifié à la simplicité du mécanisme ou si, au contraire, le gain à en attendre justifie bien la modification envisagée, qui n'est pas sans entraîner une certaine complication de construction et ultérieurement d'entretien.

La Compagnie P.L.M. a, au cours de ces dernières années, apporté diverses améliorations à ses locomotives Pacific et mis ainsi au point trois nouveaux types de machines : les 231-G, les 231-H et les 231-K. La présente note rend compte des modifications réalisées, des essais effectués et des résultats obtenus.

## I. — HISTORIQUE

L'introduction des locomotives Pacific sur le réseau P.L.M. date de 1909. C'était alors l'époque où venait d'apparaître la surchauffe qui, d'après ses promoteurs, devait supplanter le compoundage. La Compagnie P.L.M., voulant comparer les deux modes d'utilisation de la vapeur, fit construire deux Pacific prototypes, avec grille de 4,25 m<sup>2</sup> de surface et roues accouplées de 2 m de diamètre :

— une locomotive à 4 cylindres compound, à vapeur saturée, n<sup>o</sup> 6001 (1) :

chaudière timbrée à 16 kg/cm<sup>2</sup>

volume total des 2 cylindres BP :

$196 \times 2 = 392$  litres ;

— une locomotive à 4 cylindres à simple expansion et à vapeur surchauffée, n<sup>o</sup> 6101 (2) :

chaudière timbrée à 12 kg/cm<sup>2</sup>

volume total des 4 cylindres :

$117 \times 4 = 468$  litres.

L'expérience ayant fait ressortir une supériorité de la machine à simple expansion et à surchauffe sur la machine compound à vapeur saturée, le type de machine à simple expansion et à surchauffe fut adopté, et la Compagnie en fit construire un certain nombre d'exemplaires avec chaudière timbrée à 12 kg/cm<sup>2</sup> comme le prototype (série 6101-6171), et également avec chaudière timbrée à 14 kg/cm<sup>2</sup> (série 6172-6191).

Une question restait toutefois à trancher, à savoir : le choix, pour une machine à surchauffe, entre la simple expansion et le compoundage.

Aussi, en 1912, un nouveau type de locomotive Pacific, série 6200, compound et à surchauffe, avec chaudière timbrée à 16 kg/cm<sup>2</sup> comme la 6001, mais avec des cylindres plus grands (volume total des cylindres BP :  $215,5 \times 2 = 431$  litres), fut-il mis en service ; s'étant montré nettement supérieur aux deux prototypes, il fut décidé de l'adopter comme type définitif de locomotive

(1) Cf. « La Cie P.L.M. à l'Exposition Universelle et Internationale de Gand, 1913 » (Édition P.L.M.).

« Le Génie Civil », N<sup>o</sup> du 24 Mai 1913, p. 67.

« La Technique Moderne » N<sup>o</sup> du 1er Novembre 1913, p. 310.

(2) Cf. « La Cie P.L.M. à l'Exposition Internationale de Turin, 1911 » (Édition P.L.M.).



Pacific du P. L. M. ; on décida, en même temps, d'appliquer la surchauffe au prototype 6001 qui était compound.

Les essais faits à l'époque avec la machine 6001 ainsi transformée donnèrent, en particulier, les résultats suivants : le 6 Février 1913, un train de 487 tonnes fut remorqué de Laroche à Blaisy (133 km en rampe continue de 2,4 mm/m en moyenne et de 8 mm/m sur les 13 derniers kilomètres) en quatre vingt cinq minutes deux tiers, soit à la vitesse moyenne de 93 km/h. La machine développa dans les cylindres une puissance moyenne de 1885 ch et au crochet de traction du tender une puissance moyenne de 1274 ch. Les dépenses moyennes par cheval-heure au crochet de traction du tender furent de 1,63 kg de charbon et 12,45 litres d'eau.

Les locomotives compound série 6200 eurent, comme toutes les locomotives compound que construisait le P. L. M. depuis 1899, c'est-à-dire depuis la mise en service des 220-A (anciennes C-61 à 180), un mouvement complet de distribution Walschaërts par cylindre, mais avec enclenchement à une valeur absolument fixe (63 %) du cran d'introduction aux cylindres BP (1).

Lorsqu'en 1922 le parc des machines de rapides s'avéra insuffisant, on fit construire une nouvelle série de Pacific compound — les 6300, appelées plus tard 231-D, ne différant essentiellement des

6200 que par le mode de conjugaison des distributions. En vue de simplifier le mécanisme intérieur, on chercha à transmettre le mouvement des tiroirs extérieurs aux tiroirs intérieurs et on aboutit à un type de « distributions conjuguées » qui fut adopté depuis sur toutes les locomotives compound de la Compagnie (2).

Sur les Pacific série 231-D, la correspondance entre les distributions HP et BP est la suivante :

Admission en %.....	HP	BP
	—	—
	40	52
	45	57
	50	63
	55	68
	60	72

Les essais comparatifs effectués par ailleurs entre des locomotives à surchauffe, les unes compound, les autres à simple expansion, ayant fait ressortir un avantage marqué en faveur du compoundage, la Compagnie P. L. M. prit, entre temps, la décision de transformer sur le mode compound toutes ses Pacific à simple expansion (3).

Lorsqu'en 1930, cette transformation fut terminée, les caractéristiques des Pacific P. L. M. se trouvaient être celles mentionnées dans le tableau ci-après :

Séries de locomotives		Diamètre des roues motrices	Surface de grille	Timbre	Volume total des 2 cylindres		Rapport $\frac{V_{BP}}{V_{HP}}$	Type de distribution
Nouvelle désignation	Ancienne désignation				HP	BP		
				kg/cm <sup>2</sup>	litres	litres		
231-B.....	6172-6191.....	2,000 m	4,25 m <sup>2</sup>	14	225	431	1,91	distributions conjuguées.
231-C-1....	Prototype 6001.			16	180	392	2,18	} distributions indépendantes, mais avec enclenchement de la BP à 63 %.
231-C-2 à 86	Série 6200.....			16	197	431	2,18	
231-D.....	Série 6300.....			16	197	431	2,18	distributions conjuguées.
231-E.....	231-A (anciennes 6101-6171 transformées)			12	265	431	1,62	distributions conjuguées.

(1) Le rapport de M. E. Chabal au Congrès International de Mécanique Appliquée de 1900 (2<sup>e</sup> question — Essais sur les locomotives faits à la Cie P. L. M.) donne les raisons qui conduisirent le P. L. M. à adopter l'admission constante de 63 % aux cylindres BP (p. 215 des comptes rendus — Édition Dunod). Le changement de marche est à déclin, du type décrit dans la « Revue Générale » N<sup>o</sup> de Septembre 1898 — (p. 193).

(2) Ce type de distributions conjuguées a été décrit par M. Vallantin dans sa note sur les locomotives Mountain 241-A de la Cie P. L. M. « Revue Générale des Chemins de fer » — N<sup>o</sup> de Février 1926, p. 92.

(3) Cf. Communication de M. Vallantin à l'« Institution of Locomotive Engineers », le 26 Février 1931. « Revue Générale des Chemins de fer », N<sup>o</sup> d'Avril 1931, p. 428.



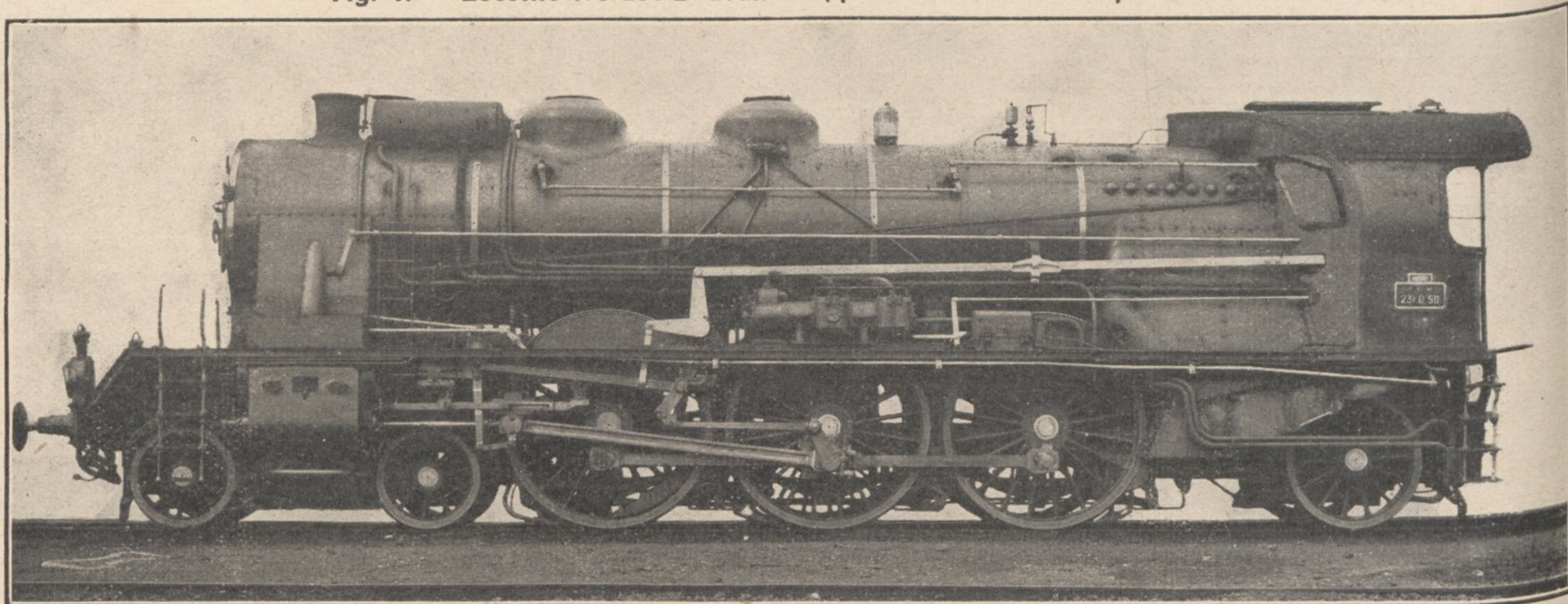
## II. — LOCOMOTIVES 231-D

Les locomotives Pacific 231-D compound et à surchauffe, avec chaudière timbrée à 16 kg/cm<sup>2</sup>, distributions conjuguées, tiroirs cylindriques et échappement simple à trèfle ont représenté, à partir de 1922 et jusqu'à ces dernières années, le type de locomotives pour trains rapides du réseau P.L.M. (Fig. 1, 2 et 3).

séries de locomotives, montrèrent l'intérêt du réchauffage de l'eau par la vapeur d'échappement des cylindres et conduisirent à l'adoption d'appareils réchauffeurs avec condensation de l'eau par mélange <sup>(1)</sup>. Les locomotives Pacific du réseau P.L.M. sont toutes équipées, à l'heure actuelle, avec des réchauffeurs ACFI, type RM.

2<sup>o</sup> Amélioration de la surchauffe. — Les

Fig. 1. — Locomotive 231-D avant l'application des écrans parafumée.

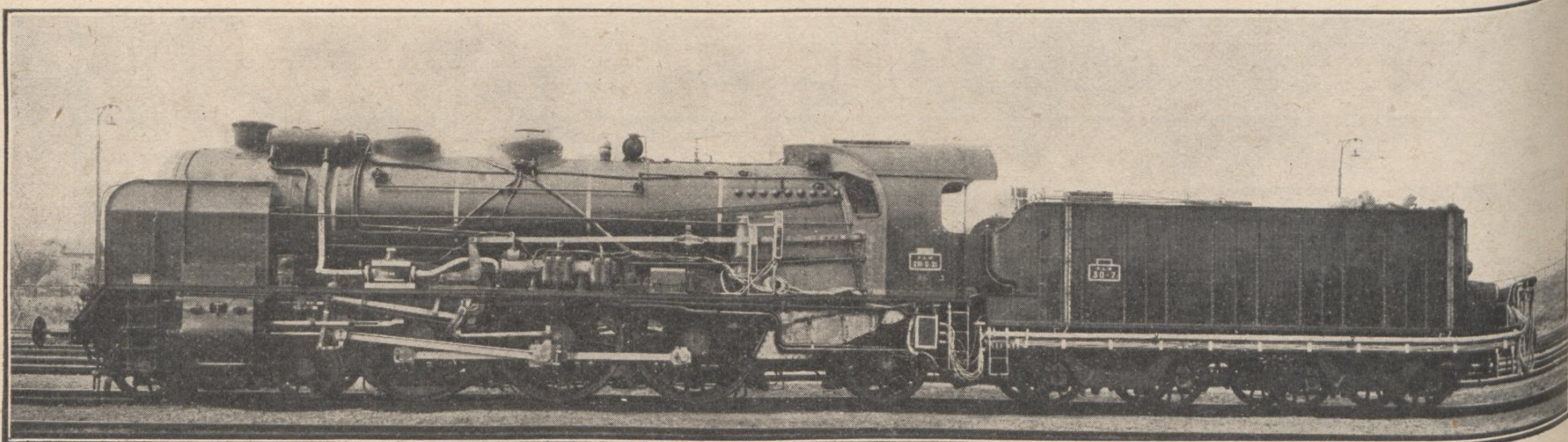


### IA. — AMÉLIORATIONS APPORTÉES AUX LOCOMOTIVES 231-D

Diverses améliorations furent progressivement apportées aux locomotives 231-D : application d'un réchauffeur d'eau, amélioration de la surchauffe, application d'écrans parafumée.

recherches entreprises, en 1925, pour améliorer la surchauffe, nettement insuffisante, d'une série de locomotives à marchandises à simple expansion montrèrent, en particulier, la possibilité d'obtenir un résultat intéressant en répartissant convenablement les gaz de la combustion entre les

Fig. 2. — Locomotive 231-D équipée pour les essais.



Nous allons passer rapidement en revue les modifications qui furent réalisées :

1<sup>o</sup> Réchauffage de l'eau d'alimentation par la vapeur d'échappement des cylindres. — Les essais effectués à partir de 1921, sur diverses

tubes surchauffeurs et les tubes bouilleurs <sup>(2)</sup>.

En s'inspirant des principes ainsi mis en lumière, diverses modifications furent apportées aux

<sup>(1)</sup> Cf. « Revue Générale », N<sup>o</sup> de Février 1925, p. 114, Note de M. Parmentier.

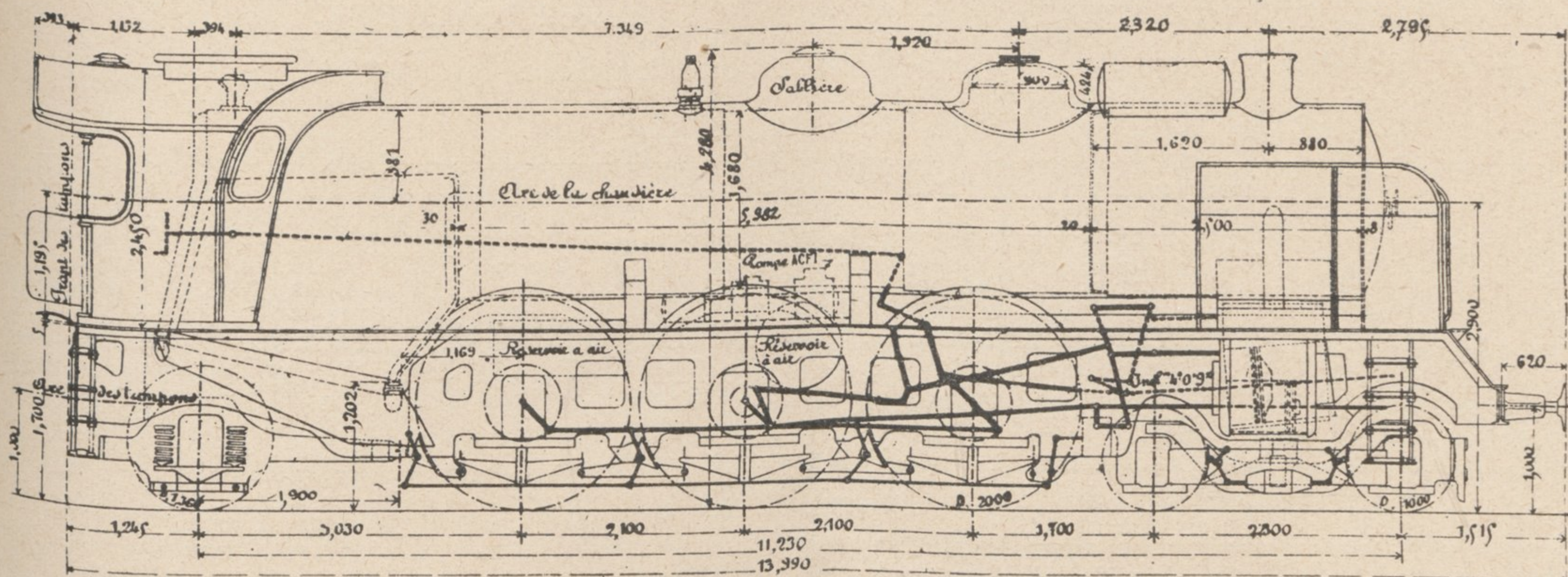
<sup>(2)</sup> Cf. « Revue Générale », N<sup>o</sup> de Juin 1929, p. 426, Note de M. Bourrié.



231-D, qui permirent de porter la température de surchauffe de 260° à 380°, augmentation de 120° ayant entraîné une économie de combustible de plus de 10%.

Ces modifications furent les suivantes :  
— diminution du rétreint des tubes bouilleurs dans la plaque tubulaire de foyer (rétreint de 41 mm au lieu de 50 mm);

Fig. 3. — Diagramme des locomotives 231-D.



<b>Chaudière</b>	Diamètre intérieur de la grande visière en corps cylindrique	1,680
(suite)	Longueur du corps cylindrique	5,595
	Épaisseur des tôles du corps cylindrique	0,019
	On dessus du rail au dessus du cadre du foyer à l'A	1,202
	Longueur intérieure de la boîte à fumée	2,500
	Diamètre intérieur de la boîte à fumée	1,718
	Capacité totale de la chaudière	11,710
	Capacité de la partie de la chaudière réservée à l'eau	8,360
	Hauteur du niveau réglementaire en plein au-dessus du ciel de foyer à l'A	0,114
	Diamètre de la chaudière	16"
	Diamètre des soupapes de sûreté	0,705
	Diamètre intérieur de la cheminée	0,436
	Diamètre en axe des rotules	0,840
	Écartement intérieur des longerons	1,234
	Épaisseur des longerons	0,028
	D'axe en axe des colonnes de rampe	2,600
<b>Essieux</b>	Diamètre des roues au contact (compté avec bandages de 70 mm)	1,000
	1 <sup>er</sup> et 2 <sup>e</sup> essieux	2,000
	3 <sup>e</sup> , 4 <sup>e</sup> , 5 <sup>e</sup> essieux	1,360
	Écartement intérieur des bandages	1,360
<b>Boîtes</b>	1 <sup>er</sup> et 2 <sup>e</sup> essieux	0,170
	3 <sup>e</sup> essieu	0,220
	4 <sup>e</sup> et 5 <sup>e</sup> essieux	0,220
	6 <sup>e</sup> essieu	0,200
<b>Boutons</b>	Grasses têtes de bielles motrices	0,130
	Bielles motrices	0,220
	de Bielles d'accouplement	0,105
	4 <sup>e</sup> essieu	0,180
	5 <sup>e</sup> essieu	0,105
<b>Jeu latéral</b>	Boyer	0,050
	Essieu	0,001
<b>Jeu de la machine</b>	3 <sup>e</sup> et 5 <sup>e</sup> essieux	0,001
	4 <sup>e</sup> essieu	0,001
	Bielle	0,066
	Essieu	0,001
<b>Resorts</b>	1 <sup>er</sup> et 2 <sup>e</sup> essieux: 15 lames de 120	Corde: 1,245
		Flèche: 0,075
	3 <sup>e</sup> , 4 <sup>e</sup> et 5 <sup>e</sup> essieux: 16 lames de 110	Corde: 1,0878
		Flèche: 0,070
	En hélice	Diamètre moyen d'aroul: 0,155
	Cylindrique	Diamètre du fil: 0,037
	6 <sup>e</sup> essieu	Hauteur libre: 0,3652
<b>Mouvement</b>	Diamètre des cylindres	0,7440
	Courbe des pistons	0,650

<b>Mouvement</b>	Longueur des bielles motrices	3,000
	D'axe en axe des cylindres	2,230
	D'axe en axe des tiges de tiroirs	2,280
	D'axe en axe des coussins	2,465
	Inclinaison des cylindres sur l'horizontale	0° 4' 09"
	Les manivelles motrices des cylindres d'admission sont avec les manivelles motrices des cylindres de détente un angle de 125° 59' 51"	
<b>Distribution</b>	Siège de la distribution	Admission: 0,2360
	Type des tiroirs	Détente: 0,2360
	Diamètre des tiroirs	0,2160
	Rayon d'excentricité	0,160
	Courbe maxima des tiroirs	0,172
	Recouvrement à l'admission (intérieure)	0,034
	Recouvrement à l'échappement (extérieure)	0,008
	Introduction moyenne maxima	19,75%
	Lumière d'admission	19,75%
	Volumé du réservoir intermédiaire de vapeur	0,382
<b>De chaque côté de la locomotive, un seul mouvement de distribution agit directement le tiroir du cylindre d'admission, et, par un arbre de renvoi et un levier oscillant, le tiroir du cylindre de détente</b>		
<b>Poids</b>	Machine vide (bandages ni usés)	87320
	Eau chaude au niveau réglementaire	7740
	Combustible supposé chargé dans le foyer	1300
	Sable (sablée mi-pleine)	150
<b>Machine en situation moyenne de marche</b>	1 <sup>er</sup> essieu	11900
	2 <sup>e</sup> essieu	14900
	3 <sup>e</sup> essieu	18500
	4 <sup>e</sup> essieu	18500
	5 <sup>e</sup> essieu	18500
	6 <sup>e</sup> essieu	17210
	Total	96510

Ces machines sont agencées pour la remorque des trains chauffés par la vapeur.



— diminution du diamètre des éléments surchauffeurs (Remplacement des tubes de  $31 \times 38$  par des tubes de  $28 \times 35$ );

— amélioration de la forme des supports et entretoises (adoption de supports en tôle mince présentant une section très réduite);

— augmentation du diamètre des gros tubes

surchauffeurs (Remplacement des tubes de  $125 \times 133$  par des tubes de  $135 \times 143$ );

— allongement des éléments surchauffeurs vers l'arrière (Distance des coudes arrière à la plaque tubulaire de foyer ramenée de 690 à 450 mm).

Les deux tableaux ci-après résument les caractéristiques de la chaudière, avant et après modifications :

TABLEAU N° 1

DISPOSITION	TUBES BOUILLEURS de 6 m de long			TUBES SURCHAUFFEURS de 6 m de long			ÉLÉMENTS SURCHAUFFEURS			SURFACES	
	Nombre	Diamètres		Nombre	Diamètres		Diamètres		Distances des coudes AR à la plaque tubulaire	de chauffe totale C	de surchauffe $\Sigma$
		intérieur	extérieur		intérieur	extérieur	intérieur	extérieur			
Initiale .....	143	51	55	28	125	133	31	38	690	220,2	70,6
Finale .....	128	51	55	26	135	143	28	35	450	206	68,3

TABLEAU N° 2

DISPOSITION	SECTIONS DE PASSAGE des Gaz		RÉSISTANCE AU PASSAGE des Gaz		RAPPORTS			TEMPÉRATURE de Surchauffe
	à travers les tubes surchauffeurs $S_s$	à travers les tubes bouilleurs $S_b$	du faisceau surchauffeur $R_s \times 10^{-4}$	du faisceau bouilleur $R_b \times 10^{-4}$	$\frac{\Sigma}{C}$	$\frac{S_s}{S_b}$	$\frac{R_s}{R_b}$	
Initiale .....	0,24	0,29	30	79	0,321	0,830	0,379	260°
Finale .....	0,27	0,26	17	88	0,331	1,040	0,197	380°

3° Essais d'amélioration de l'échappement et application d'écrans parafumée. — Dès 1925, divers essais furent tentés en vue d'améliorer l'échappement variable à trèfle des 231-D.

On expérimenta des échappements à larges sections : tuyères et cheminées de grand diamètre avec parties mobiles de formes variées (dont le croisillon à 4 ailettes) et avec, parfois, des petti-coats. Les résultats intéressants qui furent obtenus ne purent pas toutefois être exploités utilement, la diminution de la contrepression, qui était l'un des objectifs poursuivis, ayant pour contre-partie des rabattements de fumée inadmissibles pour la conduite des trains.

Il fallut attendre l'apparition, en 1930, des « écrans parafumée » pour reprendre, de façon systématique, l'étude de l'amélioration de l'échappement des locomotives 231-D, étude qui fut le point de départ de la transformation des Pacific P.L.M. en 231-G, 231-H et 231-K.

Les écrans parafumée, en raison de l'intérêt incontestable qu'ils présentent pour la sécurité, furent d'ailleurs, dès l'origine, appliqués à toutes les machines Pacific, dont les 231-D.

## B. — RÉSULTATS OBTENUS AUX ESSAIS

Ayant reçu les diverses modifications qui viennent d'être énumérées, une locomotive 231-D fut soumise, en ligne, à des essais à vitesse constante.

Les résultats obtenus sont résumés ci-après :

a) Puissance de la locomotive (Fig. 4 et 5). — Les puissances maximum, définies comme étant les puissances pouvant être soutenues sur un parcours de 100 km <sup>(1)</sup>, ont été les suivantes <sup>(2)</sup> :

VITESSE	ADMISSION HP	PUISSANCE	
		indiquée	effective
	%	ch	ch
100 km/h..	45	2 067	1 567
120 km/h..	40	1 951	1 277

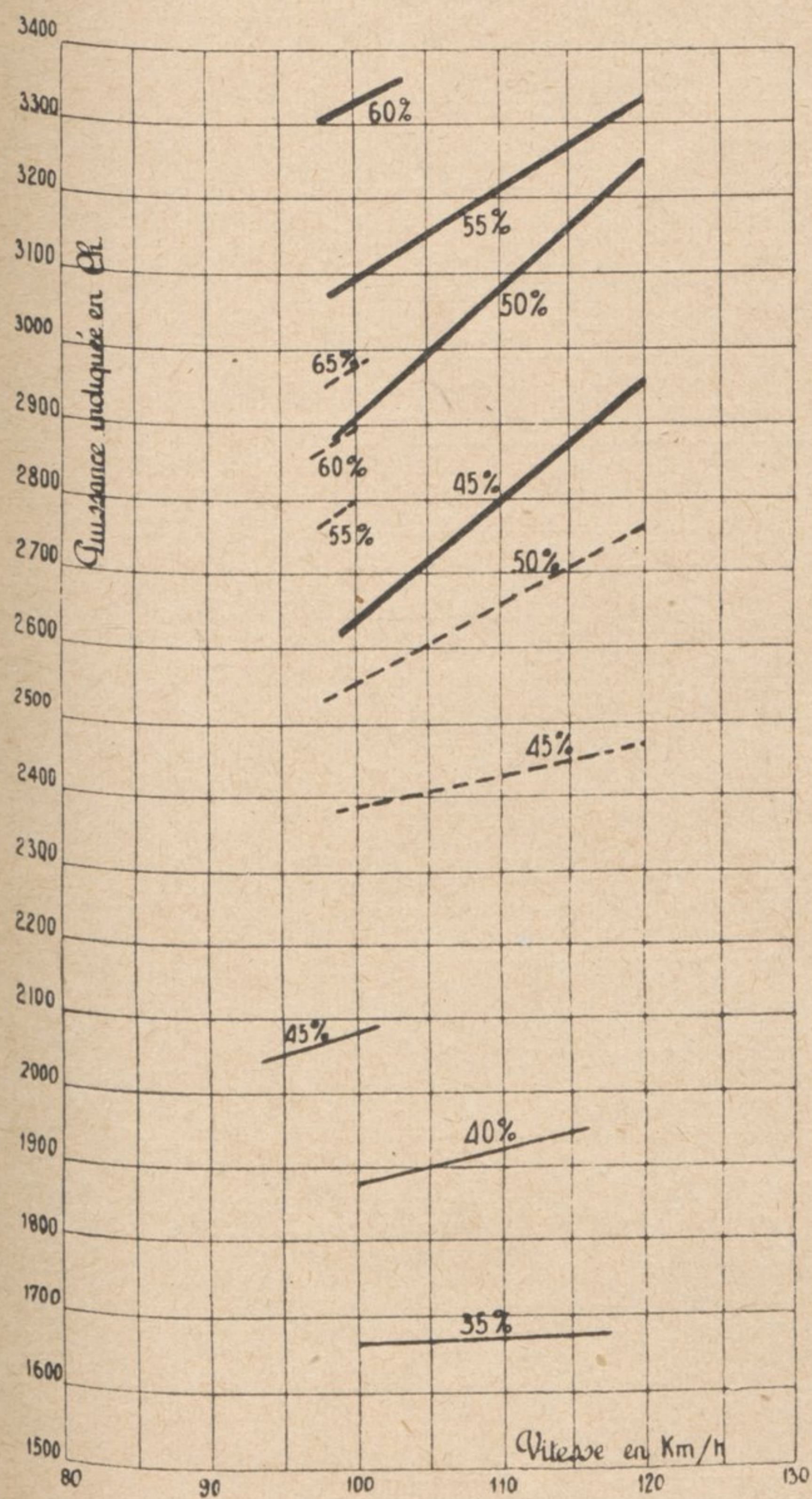
La figure 6 reproduit quelques diagrammes d'indicateur.

<sup>(1)</sup> La distance de 100 km est celle qui sépare les gares de Laroche et des Laumes, entre lesquelles se font les essais à vitesse constante.

<sup>(2)</sup> Il y a lieu de remarquer que la puissance absorbée pour la remorque de la locomotive 231-D d'origine et de son tender de 30 m<sup>3</sup> a été trouvée égale à 500 ch à 100 km/h et 700 ch à 120 km/h, alors que dans tous les essais ultérieurs des locomotives 231-D modifiées, la puissance absorbée a été de l'ordre de 600 ch à 100 km/h et de 800 ch à 120 km/h. Il est vraisemblable que l'anomalie constatée avec la locomotive 231-D d'origine provient d'une erreur d'indicateur.



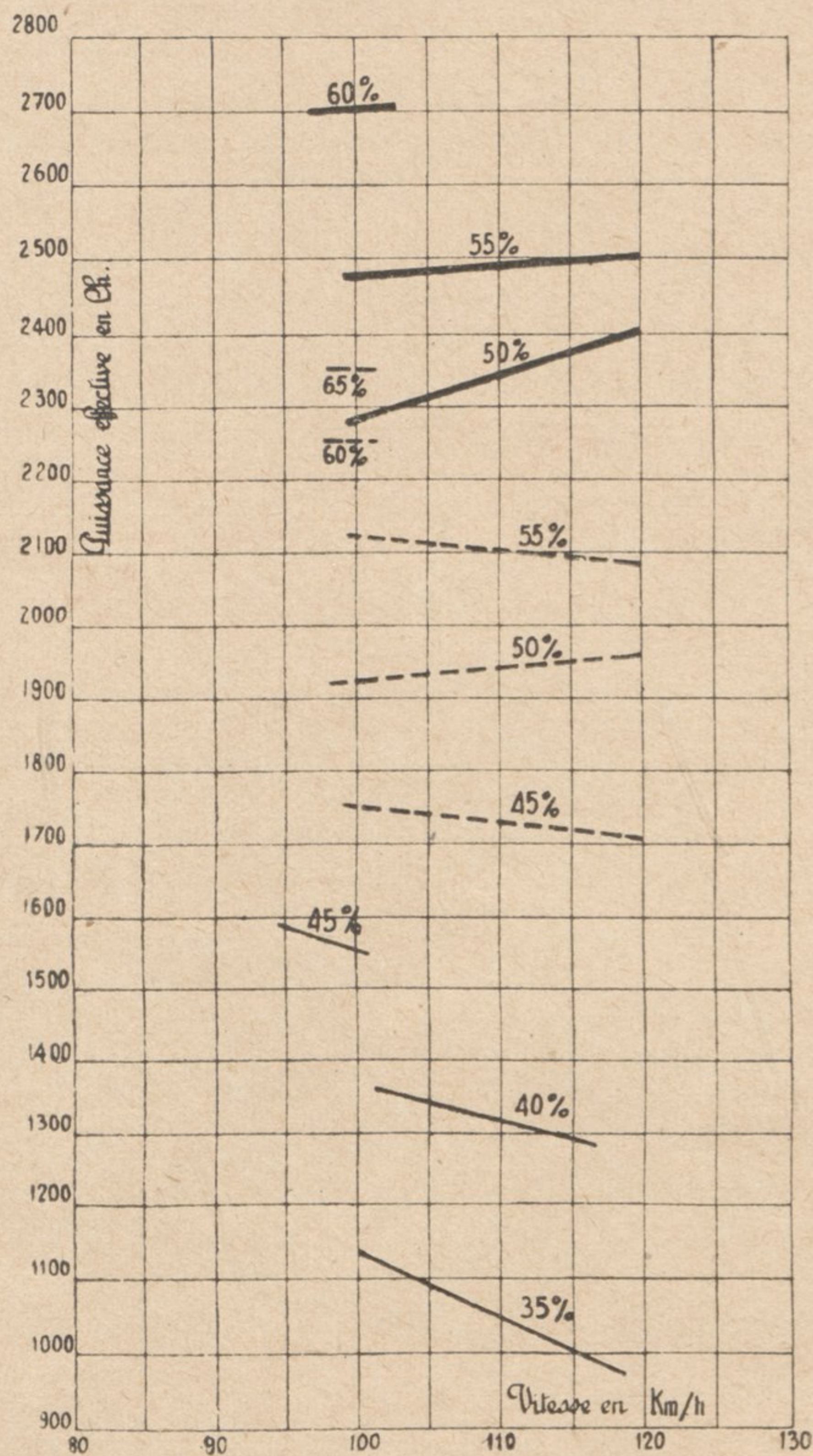
**Fig. 4. — Puissance indiquée des locomotives 231-D, 231-G et 231-H**



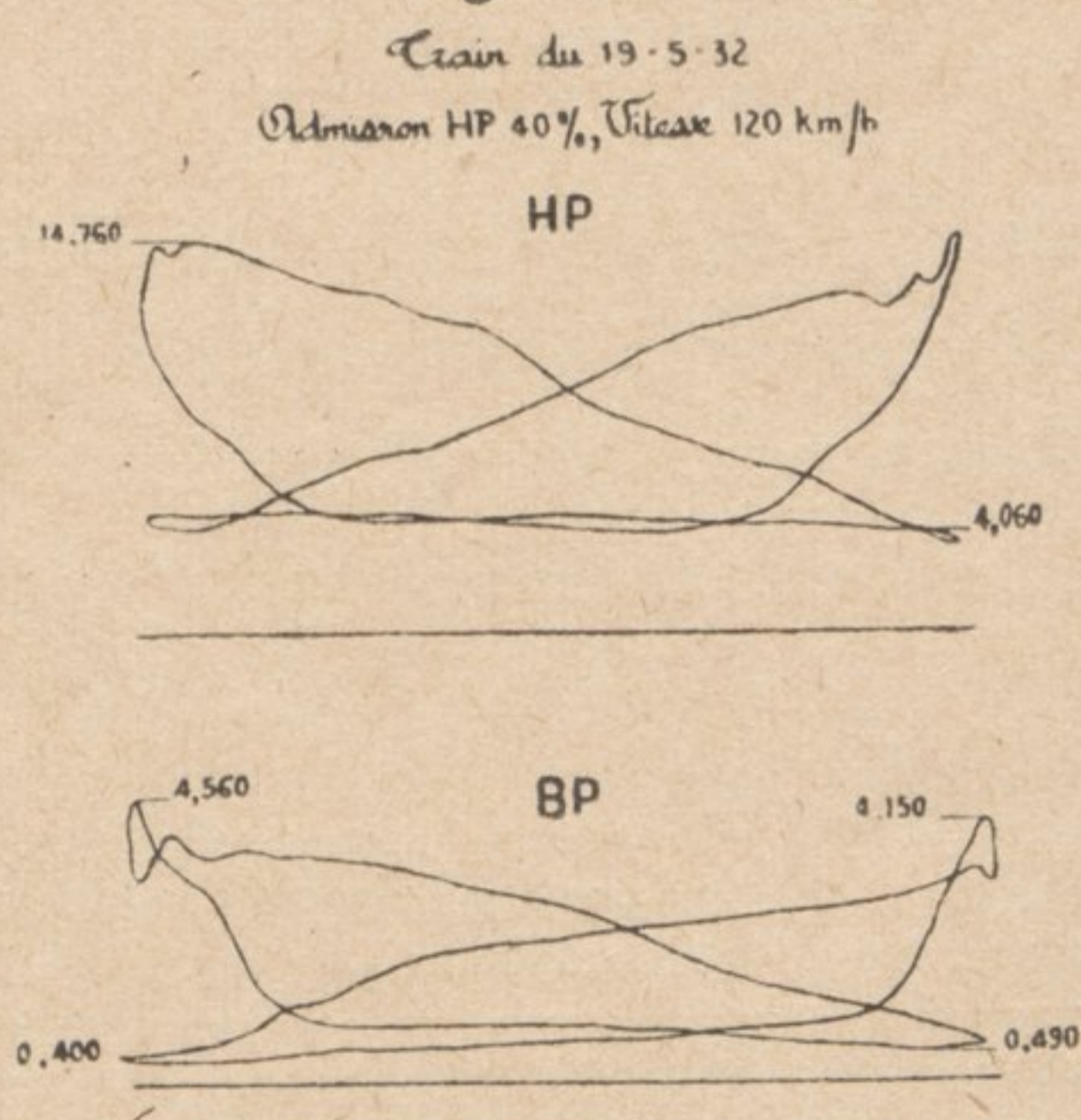
*Legende*

— loc 231 D  
 - - - loc 231 G  
 - · - loc 231 H

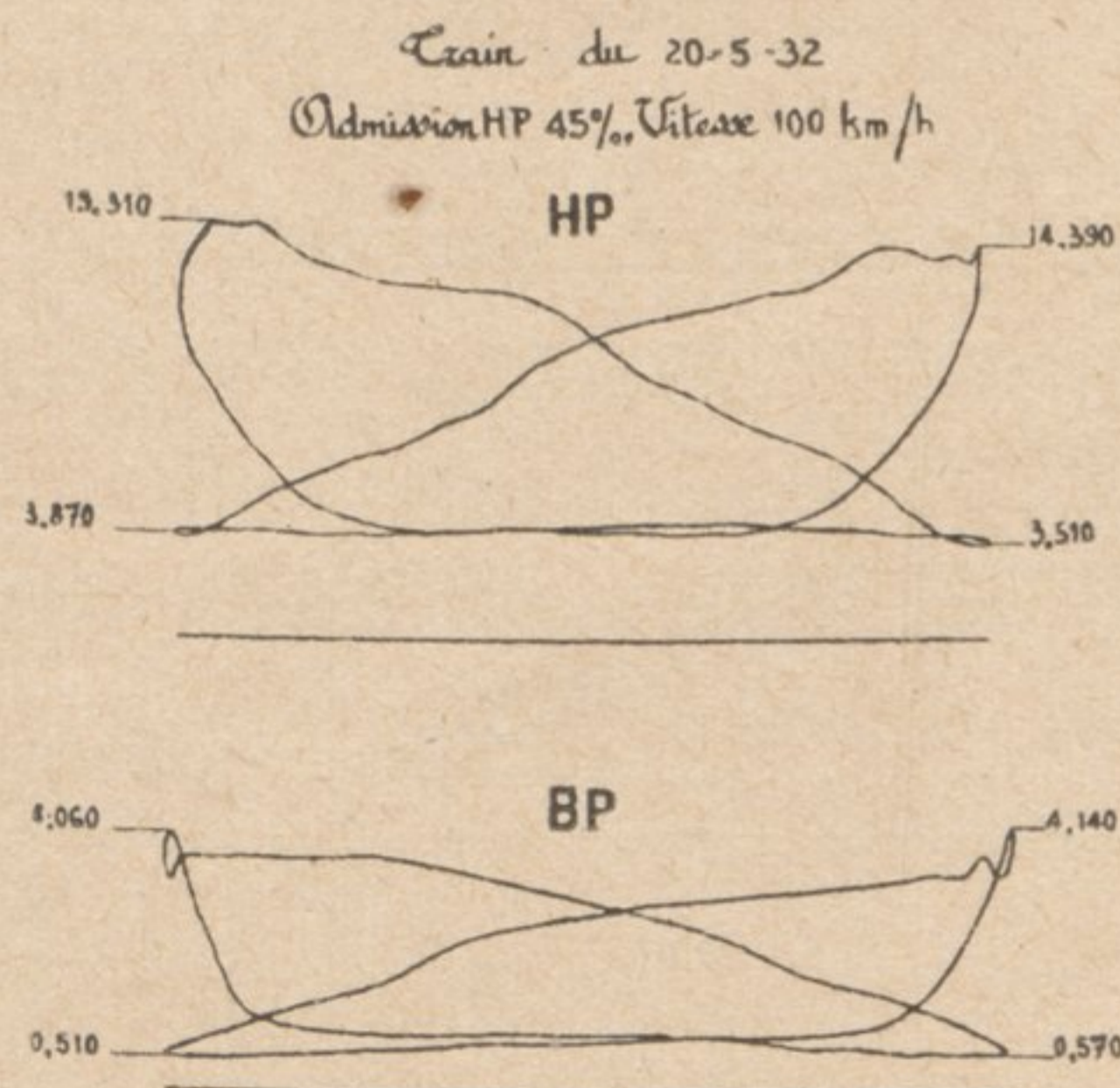
**Fig. 5. — Puissance au crochet de traction du tender, en palier, des locomotives 231-D, 231-G et 231-H.**



**Fig. 6. — Diagrammes d'indicateurs des locomotives 231-D.**



	Face A	Face R	Total
Puissance cylindres HP	583	639	1222
Puissance cylindres BP	324	405	729
Puissance totale			1951
$\frac{\text{Puissance cylindres HP}}{\text{Puissance cylindres HP+BP}}$			0,626

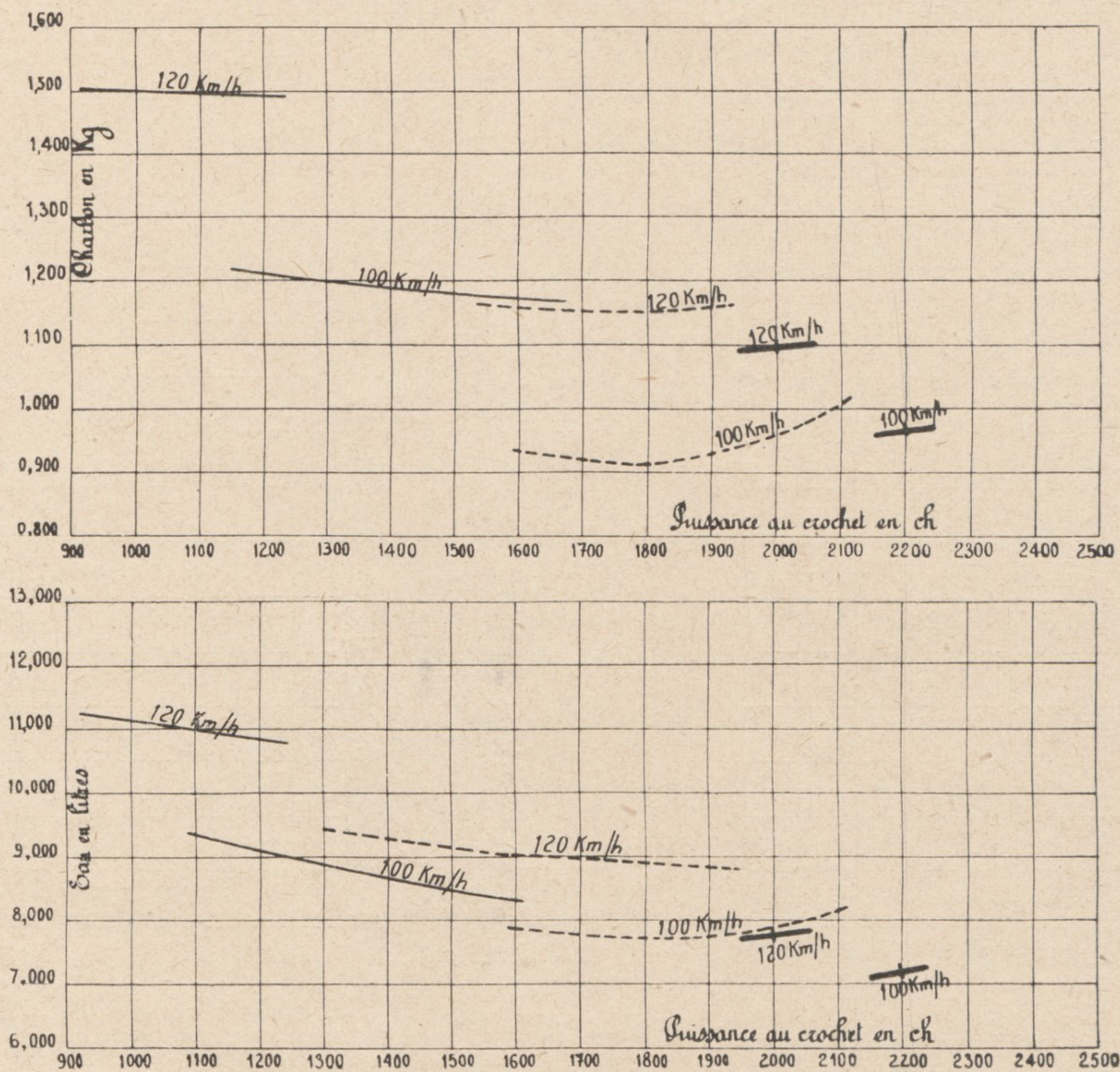


	Face A	Face R	Total
Puissance cylindres HP	592	643	1235
Puissance cylindres BP	386	446	832
Puissance totale			2067
$\frac{\text{Puissance cylindres HP}}{\text{Puissance cylindres HP+BP}}$			0,597



b) **Température de la vapeur (boîtes à vapeur HP).** — De 353° à 380° suivant les caractéristiques de marche.

Fig. 7. — Consommation des locomotives 231-D, G et H en charbon et eau (par cheval-heure au crochet de traction du tender).



Legende

- loc 231 D
- - - - - loc 231 G
- — — — loc 231 H

c) **Activité de la combustion et tirage.** — L'activité de la combustion n'a pas dépassé 415 kg/m<sup>2</sup>/h. Le tirage correspondant à cette activité

maximum a été de 130 mm d'eau pour 400 g de contrepression aux cylindres.

d) **Puissance de la chaudière.** — La puissance fictive de vaporisation n'a pas dépassé 70 kg/m<sup>2</sup>/h.

e) **Consommations et rendements globaux (Fig. 7)**

VITESSE	P <sub>i</sub> (ch)	P <sub>e</sub> (ch)	P <sub>e</sub> / P <sub>i</sub>	CONSOMMATION par cheval/heure indiqué		CONSOMMATION par cheval/heure effectif		RENDEMENTS GLOBAUX	
				eau (kg)	charbon (kg)	eau (kg)	charbon (kg)	indiqué	effectif
100 km/h. ....	1 988	1 507	0,76	6,440	0,890	8,490	1,170	0,09	0,06
	2 150	1 600	0,74	6,170	0,860	8,300	1,150	0,09	0,07
120 km/h. ....	1 714	1 121	0,65	7,190	0,980	10,990	1,500	0,08	0,05
	2 000	1 300	0,65	6,910	0,970	10,630	1,490	0,08	0,05



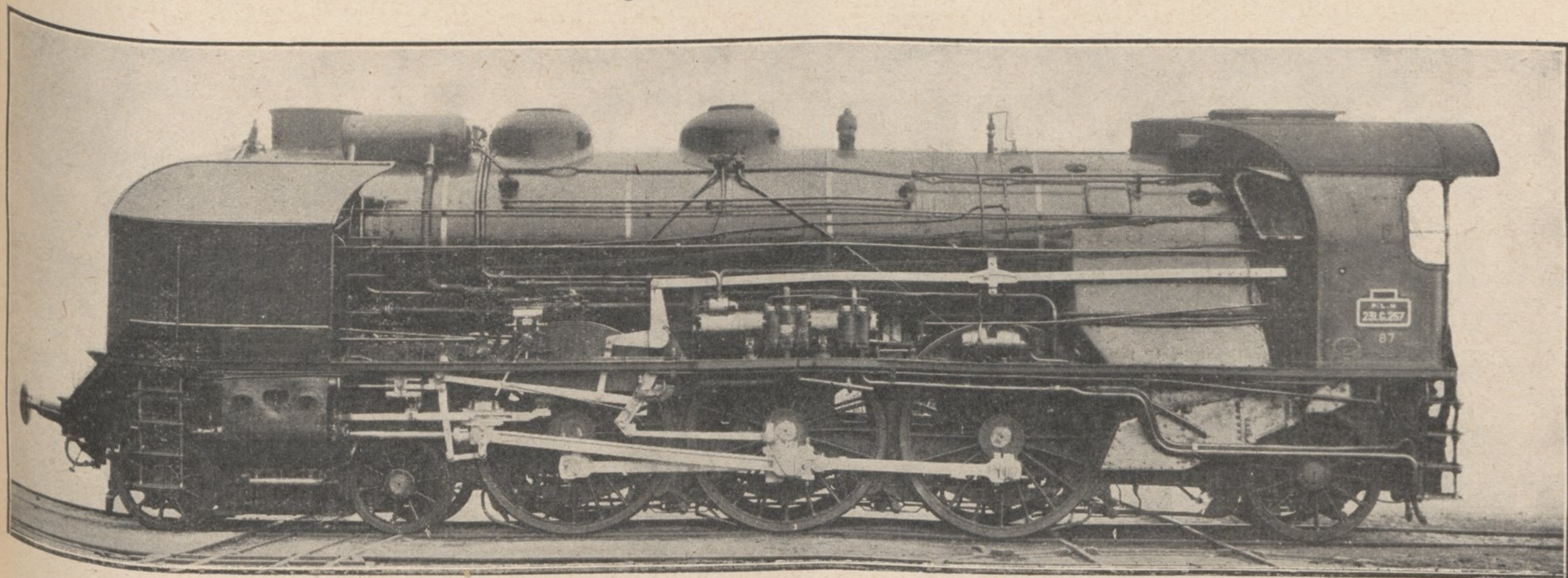
### III. — LOCOMOTIVES 231-G

Les locomotives 231-G (Fig. 8 et 9) représentent un premier type de Pacific modernes du réseau P.L.M. Elles dérivent directement des 231-D, dont elles ne diffèrent essentiellement que par les améliorations apportées à l'échappement et aux cylindres BP.

Toutes les locomotives 231-D du réseau P.L.M. doivent être transformées progressivement en 231-G.

C'est ainsi qu'en adoptant une cheminée de 500 mm de diamètre au col au lieu de 356 mm, et un croisillon donnant une section de passage de vapeur, à la tuyère, de 260/172 cm<sup>2</sup> (1) au lieu de 181/120 cm<sup>2</sup> pour le trèfle, on peut, à égalité de tirage, réduire de 50 % la contrepression aux cylindres : on obtient en effet, pour 100 g de contrepression, une dépression de 102 mm dans la boîte à fumée, au lieu de 40 mm pour l'échappement d'origine à trèfle (Fig. 10);

Fig. 8. — Locomotive 231-G.



#### A. — MODIFICATIONS SPÉCIALES AUX 231-G

##### 1<sup>o</sup> Amélioration de l'échappement. —

##### a) Essais d'échappements simples élargis.

Divers dispositifs furent successivement comparés à l'échappement d'origine à trèfle :

— échappements à tuyère et cheminée de grand diamètre;

— échappements avec partie mobile à 3 ailettes (trèfle), à 4 ailettes (croisillon) et à 6 ailettes;

— échappements sans petticoat, à un petticoat et à deux petticoats.

Les essais effectués montrèrent qu'une amélioration importante pouvait être obtenue en réalisant un échappement comportant les dispositions suivantes :

— larges sections de passage pour la vapeur et pour les gaz de la combustion,

— partie mobile constituée par un « croisillon » à 4 ailettes, de façon à augmenter la surface de contact entre les gaz et la vapeur,

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

on constate également une légère augmentation des puissances indiquées et effectives et une légère diminution des consommations d'eau et de charbon.

On était donc arrivé à améliorer considérablement le fonctionnement de l'échappement. La solution adoptée comportant toutefois l'élargissement du diamètre des colonnes d'échappement, présentait l'inconvénient d'encombrer transversalement les boîtes à fumée; pour éviter cet inconvénient, on décida d'expérimenter la solution de l'échappement double, disposition permettant d'augmenter les sections de passage, tout en conservant, transversalement, pour les colonnes d'échappement, un diamètre normal.

##### b) Essais et adoption d'un échappement double P.L.M.

Le dédoublement de l'échappement simple P.L.M. se fit sans aucune difficulté et un **échappement double type P.L.M. à croisillons et à petticoats**

(1) Les 2 valeurs indiquées désignent, la première : la section à échappement desserré, la seconde : la section à échappement serré.

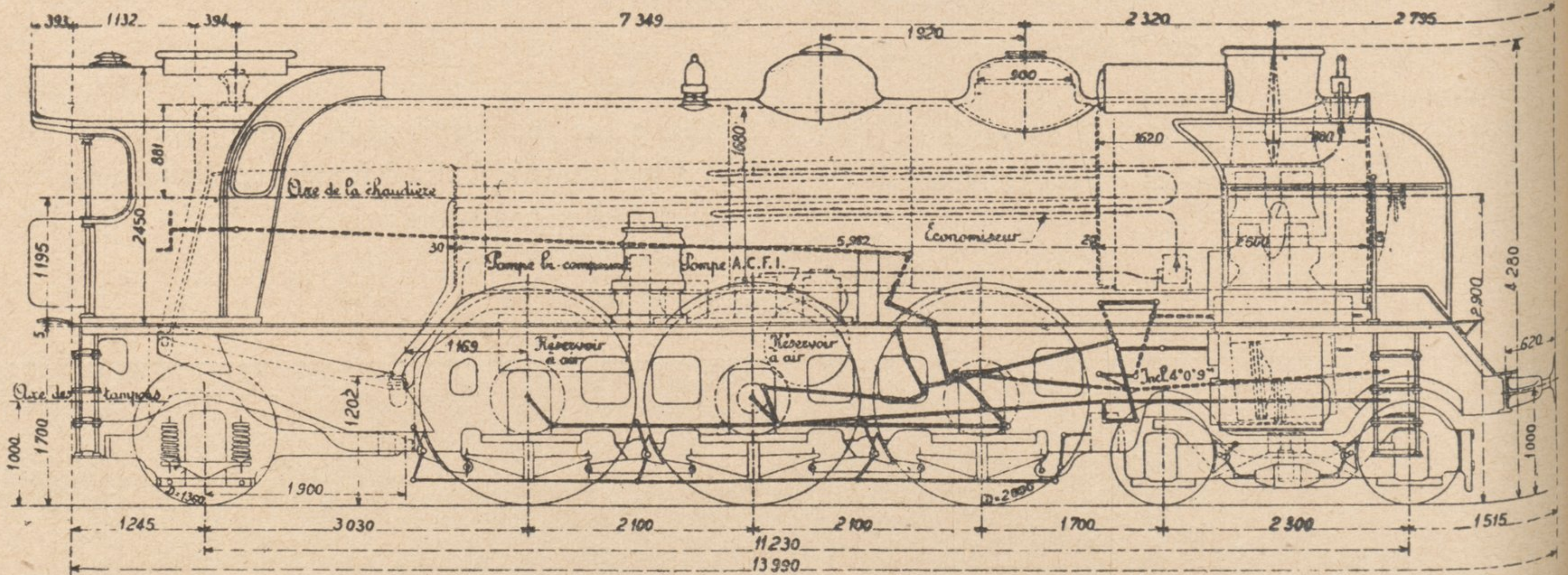


(Fig. 11), dont les caractéristiques sont reproduites sur la figure 12, put être mis au point. C'est ce type d'échappement qui a été adopté

pour toutes les locomotives du réseau P.L.M. qui doivent être transformées ou améliorées.

Sur les 231-G, les cheminées ont un diamètre

**Fig. 9. — Diagramme des locomotives 231-G.**



Grille	longueur (grille développée)	2,125
	largeur $\left\{ \begin{array}{l} \text{à l'N} \\ \text{à l'R} \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} 2,086 \\ 1,922 \end{array} \right.$
Foyer	surface	4,25
	hauteur du ciel au-dessus du cadre $\left\{ \begin{array}{l} \text{à l'N} \\ \text{à l'R} \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} 1,9952 \\ 1,4807 \end{array} \right.$
	longueur intérieure $\left\{ \begin{array}{l} \text{En haut} \\ \text{En bas} \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} 2,283 \\ 2,078 \end{array} \right.$
	largeur intérieure $\left\{ \begin{array}{l} \text{à l'N} \\ \text{à l'R} \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} 2,086 \\ 1,922 \end{array} \right.$
Tubes	épaisseur du cuivre des parois latérales	0,014
	épaisseur du cuivre de la plaque	0,014
	épaisseur du cuivre de la plaque tubulaire $\left\{ \begin{array}{l} \text{au bas} \\ \text{au haut} \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} 0,030 \\ 0,014 \end{array} \right.$
	nombre de tubes (tiges en acier) $\left\{ \begin{array}{l} \text{Tubes de } 0,055 \text{ de diam. ext. } 128 \\ \text{Tubes de } 0,143 \text{ de diam. ext. } 26 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} 0,002 \\ 0,004 \end{array} \right.$
Surface Foyer	entre les plaques tubulaires	5,982
	chauffe totale	190,54
Réchauffeur	nombre d'éléments	26
	diamètre extérieur des tubes	0,035
	surface de réchauffe	44,58
Economieur	nombre d'éléments	26
	diamètre extérieur des tubes	0,035
	diamètre intérieur des tubes	0,028
	collecteur unique et en contact avec les gaz à 6 départ	25,48

Chaudière	longueur extérieure de la boîte à feu	En haut 2,543		
		En bas 2,309		
	largeur extérieure de la boîte à feu $\left\{ \begin{array}{l} \text{à l'N} \\ \text{à l'R} \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} 2,3415 \\ 2,181 \end{array} \right.$		
	diamètre intérieur de la grande voûte du corps cyl. <sup>m</sup>	1,680		
	longueur du corps cylindrique	5,899		
	épaisseur des tôles du corps cylindrique	0,019		
	au dessous du rail au dessous du cadre du foyer à l'N	1,202		
	longueur intérieure de la boîte à fumée	2,500		
	diamètre intérieur de la boîte à fumée	1,718		
	capacité totale de la chaudière	11,740		
	capacité de la partie de la chaudière réservée à l'eau	8,360		
	hauteur du niveau réglementaire en patier au dessus du ciel de foyer à l'N	0,114		
	timbre de la chaudière	16 <sup>mm</sup>		
	diamètre des soupapes de sûreté	0,1016		
Diamètre intérieur de chaque cheminée de la cheminée double	En haut	0,440		
	En bas	0,330		
D'axe en axe des 2 cheminées		0,460		
	D'axe en axe des rotules	0,840		
Châssis	écartement intérieur des longerons	1,234		
	épaisseur des longerons	0,028		
	D'axe en axe des colonnes de rampe	2,600		
	épaisseur des bandages	1,360		
Essieux	diamètre des roues au contact $\left\{ \begin{array}{l} 1^{\text{er}} \text{ et } 2^{\text{e}} \text{ essieux} \\ 3^{\text{e}} \text{ et } 5^{\text{e}} \text{ essieux} \\ 4^{\text{e}} \text{ et } 6^{\text{e}} \text{ essieux} \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} 1,000 \\ 2,000 \\ 1,360 \end{array} \right.$		
	écartement intérieur des bandages	1,360		
	Fusées	Diamètre Longueur D'axe en axe		
		1 <sup>er</sup> et 2 <sup>e</sup> essieux	0,170	0,270
3 <sup>e</sup> essieu		0,220	0,230	1,240
4 <sup>e</sup> et 5 <sup>e</sup> essieux		0,220	0,250	1,150
6 <sup>e</sup> essieu		0,200	0,280	1,120
Graves têtes de admission		0,130	0,172	2,230
Boulons de manivelles	Bielles motrices d'admission			
	Bielles motrices d'admission	0,220	0,130	0,690
	3 <sup>e</sup> essieu	0,105	0,090	1,910
	4 <sup>e</sup> essieu	0,130	0,095	1,885
	5 <sup>e</sup> essieu	0,105	0,090	1,885
	Bogies			
Jeu latéral de chaque côté de la machine	Rotule			
	Rotule	0,060		
	Essieu	0,001		
	3 <sup>e</sup> et 5 <sup>e</sup> essieux	0,001		
	4 <sup>e</sup> essieu	Arrondissement des bords 0,010		
	Essieu	0,001		
Flexibles	1 <sup>er</sup> et 2 <sup>e</sup> essieux : 15 lames de 120			
		Corde	1,245	
		Fleche	0,045	
	3, 4 et 5 <sup>e</sup> essieux : 16 lames de 110			
		Corde	1,0875	
		Fleche	0,070	
6 <sup>e</sup> essieu	En hélice			
	Diam. moyen d'encoul. <sup>m</sup>			
	Diamètre du fil			
	Hauteur libre			

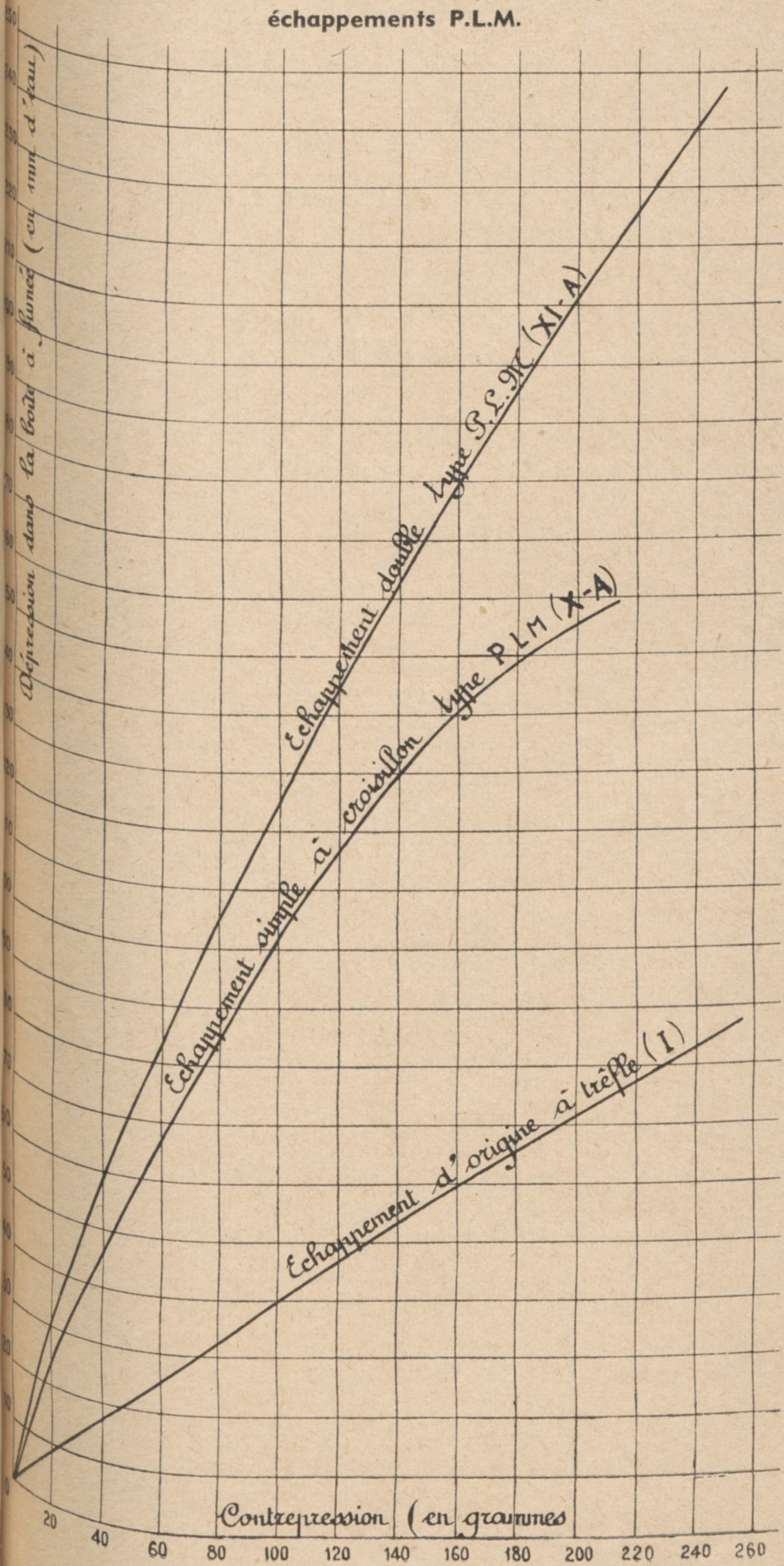
Mouvement	diamètre des cylindres	0,440	0,650		
	course des pistons	0,650	0,650		
	longueur des bielles motrices	3,000	1,675		
	D'axe en axe des cylindres	2,230	0,690		
	D'axe en axe des tiges de tiroirs	2,280	0,705		
	D'axe en axe des coulières	2,465	"		
	Inclinaison des cylindres sur l'horizontale	0°	4° 0' 9"		
	les manivelles motrices des cylindres d'admission sont avec les manivelles motrices des cylindres de détente un angle de 175° 59' 51"				
	Distribution	Type de la distribution			
		Type des tiroirs	Walschaert	Cylindrique	Cylindrique
diamètre des tiroirs		0,240	0,360		
rayon d'excentricité		0,160	"	"	
course maxima des tiroirs		0,172	0,2215	"	
recouvrement à l'admission (intérieur)		0,034	0,034	0,034	
recouvrement à l'échappement (extérieur)		-0,004	"	"	
introduction moyenne maxima		79,75%	87,45%	"	
lumière d'admission		0,578	0,640	0,640	
volume du réservoir intermédiaire de vapeur		0,360			
De chaque côté de la locomotive, un seul mouvement de distribution actionne directement le tiroir du cylindre d'admission, et, par un arbre de renvoi et un levier oscillant, le tiroir du cylindre de détente.					
Bois	Machine à vide (bandages mi-usés)	8750			
	Eau chaude au niveau réglementaire	7740			
	Combustible supposé chargé dans le foyer	1300			
	Sable (sablière mi-pleine)	150			
	Machine en situation moyenne de marche	1 <sup>er</sup> essieu			
			12120		
		2 <sup>e</sup> essieu			
			12120		
		3 <sup>e</sup> essieu			
			18500		
4 <sup>e</sup> essieu					
	18500				
5 <sup>e</sup> essieu					
	18500				
6 <sup>e</sup> essieu					
	16990				
Total 96730					
Ces locomotives sont munies d'un échappement double à couillons, d'un équipement de feux à grand débit avec pompe à compoond, de l'aléçage électrique, et sont agencées pour la traction des trains chauffés par la vapeur. Elles possèdent un graissage mécanique. Boudin alimentant les boîtes à vapeur, les 2 cylindres HP et les 6 boîtes à huile des essieux moteurs, ainsi que des patins de glissière avec réservoir à huile de grande capacité, pour longs parcours sans arrêt.					



au col de 330 mm. Pour une contrepression de 100 g aux cylindres, l'échappement double donne 120 mm de tirage, soit une augmentation de 18% par rapport à l'échappement simple à cheminée élargie et 200% par rapport à l'échappement d'origine (Fig. 10).

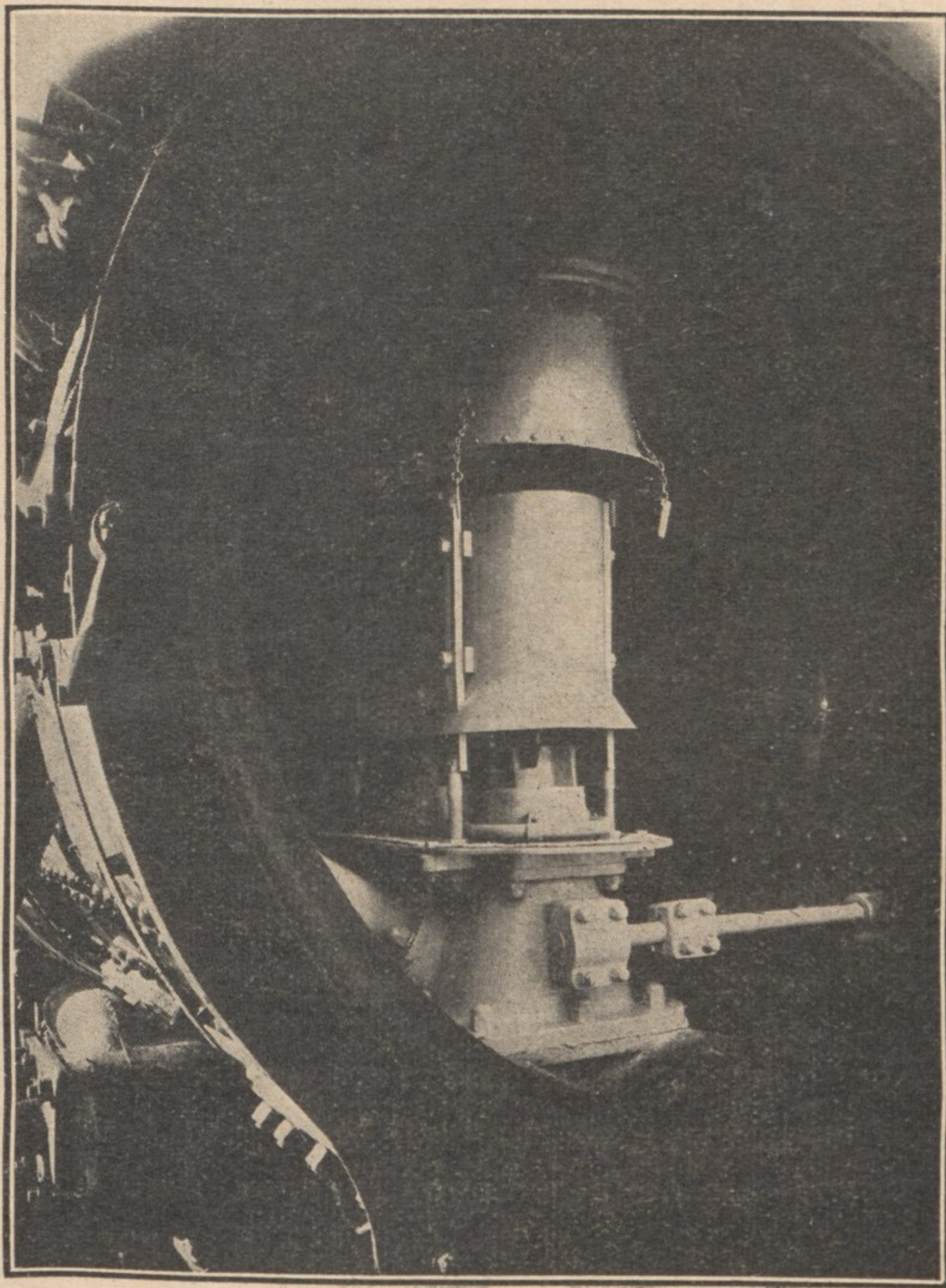
2° Amélioration de sections de passage de la vapeur dans les cylindres BP. — En même temps que se poursuivaient les recherches relatives

Fig. 10. — Courbes caractéristiques comparées des échappements P.L.M.



à l'amélioration de l'échappement, on modifiait le tracé des cylindres BP de façon à faciliter le passage de la vapeur. On donna aux

Fig. 11. — Échappement double type P.L.M. à croisillons et à petticoats



« jambonneaux » une section progressive permettant à toutes les lumières de recevoir et de débiter de la vapeur; l'augmentation des sections de passage fut d'environ 10%.

Les nouveaux cylindres BP procurèrent une augmentation de puissance qui, dans le cas de la locomotive munie d'un échappement simple à cheminée élargie (1), fut de 100 ch à 100 km/h.

3° Amélioration du graissage. — Les locomotives 231-G, plus puissantes que les 231-D, assurent, de ce fait, un service plus pénible; aussi, a-t-il été nécessaire de substituer au graisseur à condensation des 231-D un graisseur mécanique.

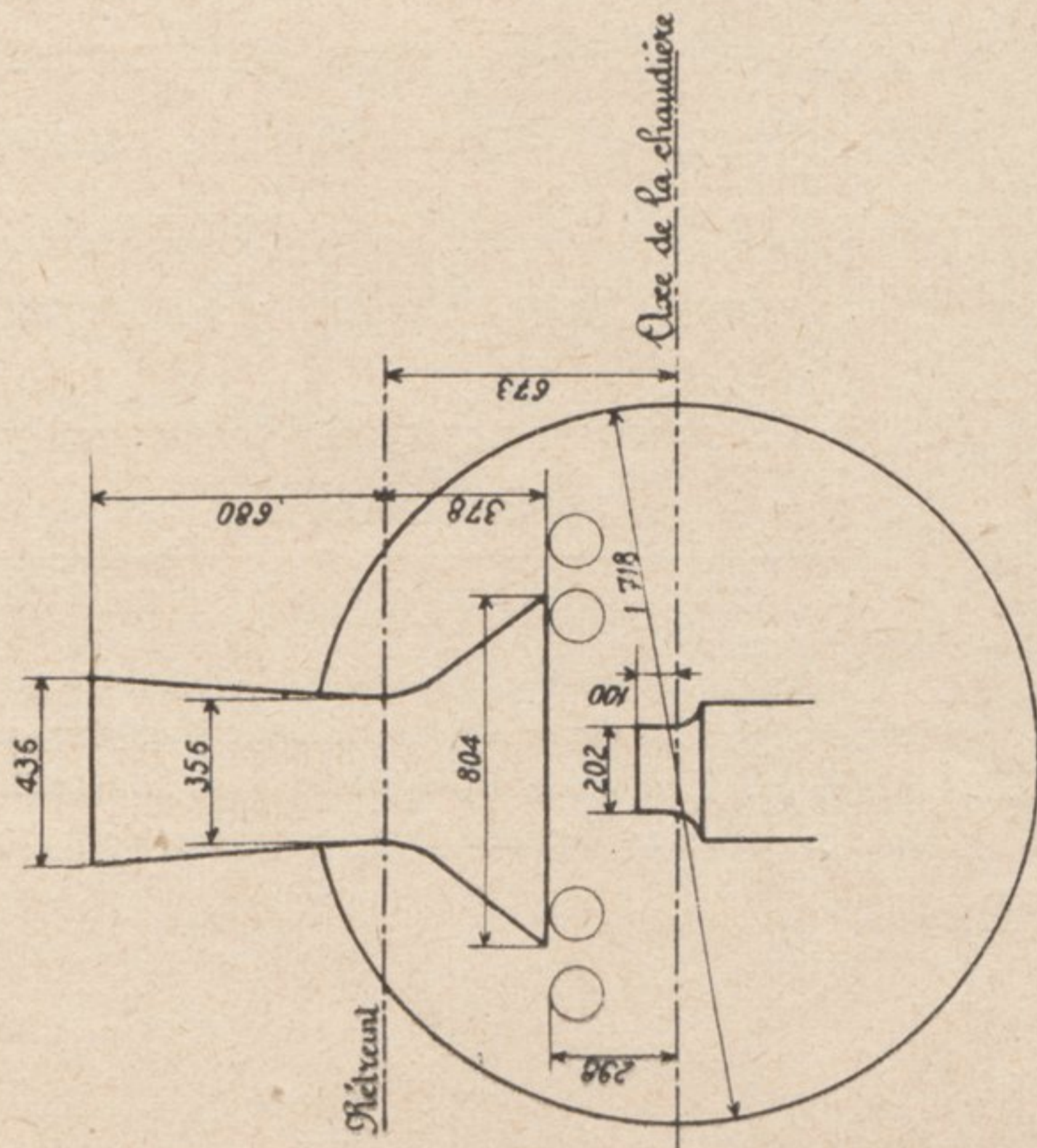
Le graisseur mécanique des 231-G est du type

(1) Les essais de l'échappement double n'ayant pas été effectués sur une locomotive 231 munie de ses cylindres d'origine, on n'a pas pu chiffrer, de ce fait, le gain à attendre de l'application de nouveaux cylindres BP dans le cas où la locomotive est équipée d'un échappement double.

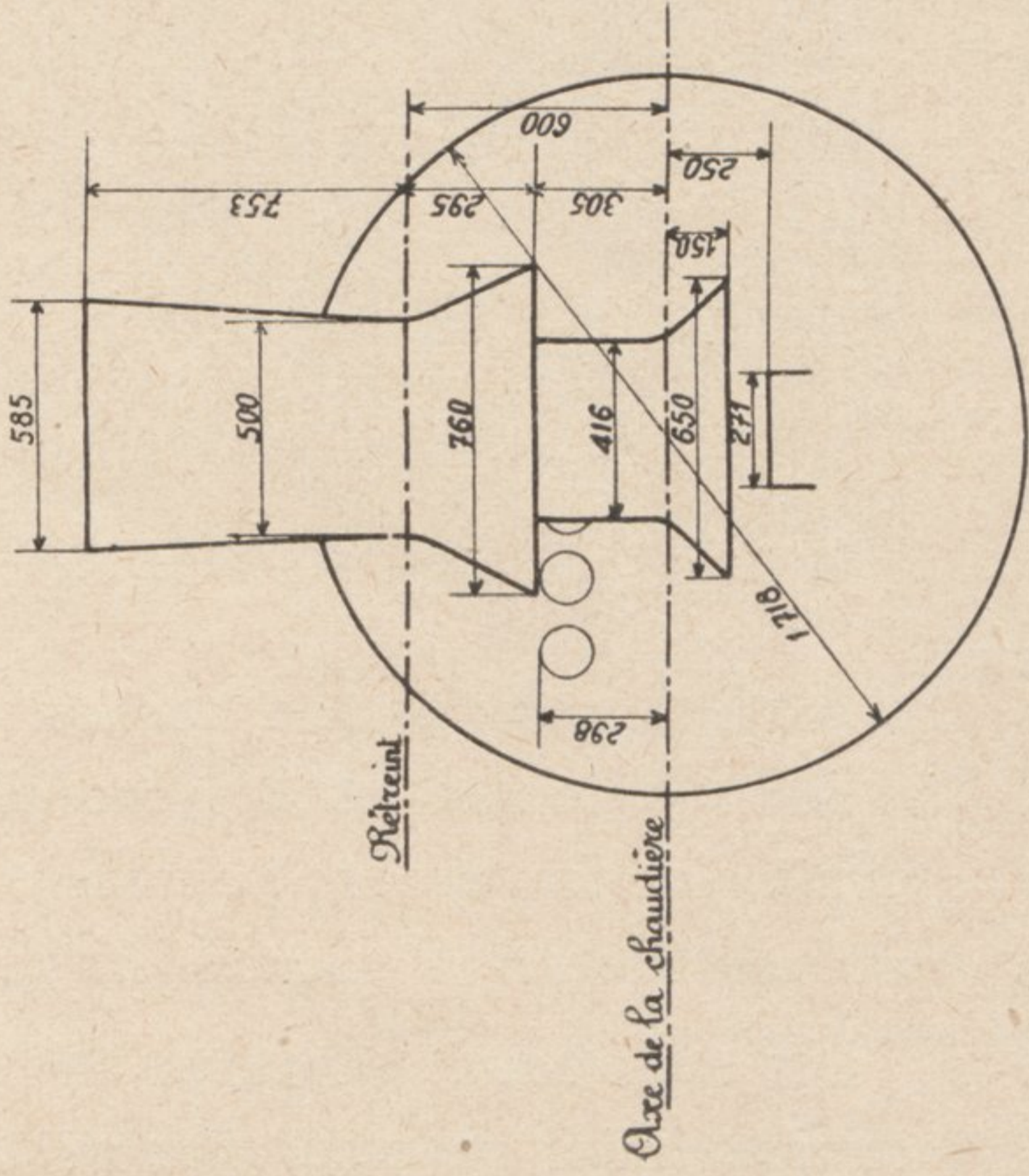


Fig. 12. — Dimensions caractéristiques comparées des échappements P.L.M.

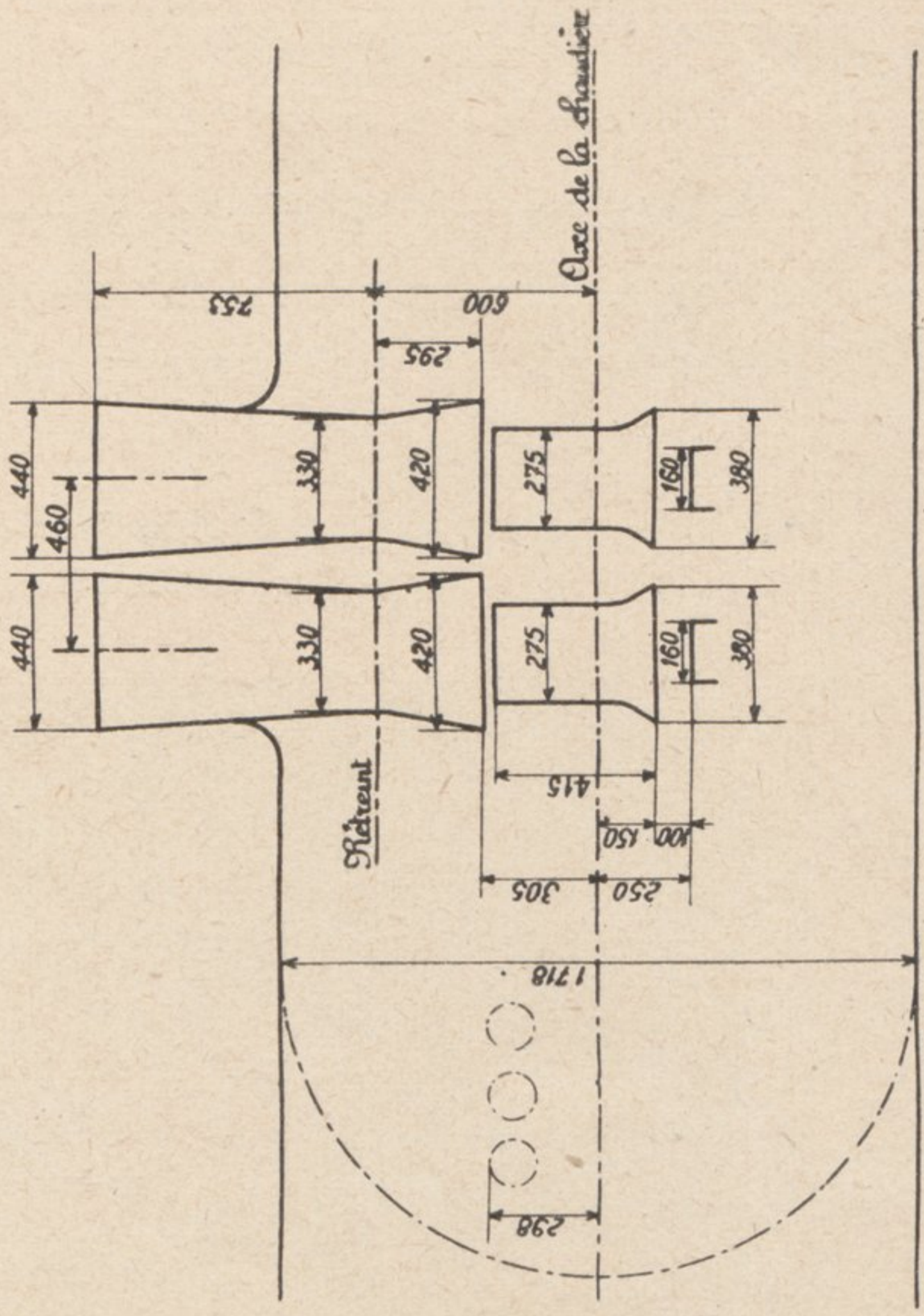
Échappement d'origine à buse (I)  
(Cheminée de 356)



Échappement simple à crochillon type P.L.M. (IA)  
(Cheminée de 500)



Échappement double type P.L.M. (XI)  
(Cheminées de 330)



Passage offert à la vapeur d'échappement	Grille à noyau de	Crochillon à noyau de	83
	{ Echappement ouvert: 5 cm <sup>2</sup>		274
	{ Echappement fermé		181

Legende

C. — Surface de chauffe totale

n. — Nombre de cylindres BP

V<sub>BP</sub> — Volume en litres d'eau cylindric BP

S<sub>3</sub> — Section au pied-coul en cm<sup>2</sup>

ε — Section au col de la cheminée en cm<sup>2</sup>

Rapports caractéristiques

$\frac{S_1}{n \cdot V_{BP}}$	0,421	0,605	0,637
$\frac{S_1}{C}$	0,877	1,261	1,328
$\frac{S_3}{C}$	"	6,590	5,760
$\frac{\epsilon}{C}$	4,026	9,520	8,294



F.S.C., à 2 compartiments de 18 litres de contenance totale et 16 départs :

- 1 compartiment pour huile à surchauffe :
  - 4 départs pour cylindre HP,
  - 4 départs pour boîtes à vapeur HP,
  - 2 départs pour boîtes à vapeur BP;
- 1 compartiment pour huile à mouvement :
  - 6 départs pour les fusées des 3 essieux moteurs.

4° **Collecteurs de surchauffe à chambres séparées.** — Postérieurement aux essais dont il va être rendu compte, il fut décidé de substituer, au collecteur unique, des collecteurs de surchauffe à chambres séparées.

5° **Allègement des tiroirs de distribution.** — Le réseau P.L.M. a pu réaliser des diminutions importantes du poids des tiroirs cylindriques de distribution de ses locomotives Pacific, par une modification de tracé s'inspirant de la forme des tiroirs des locomotives de la Reichsbahn. La figure 13 montre la forme adoptée pour ces tiroirs

par soudure, sur un tube central en tôle et à l'extrémité desquels on coule une masselotte en fonte en forme de manchon. On ménage dans cette masselotte les gorges qui reçoivent les segments.

Le tableau ci-dessous donne les allègements obtenus avec les différents types de tiroirs pour une locomotive 231.

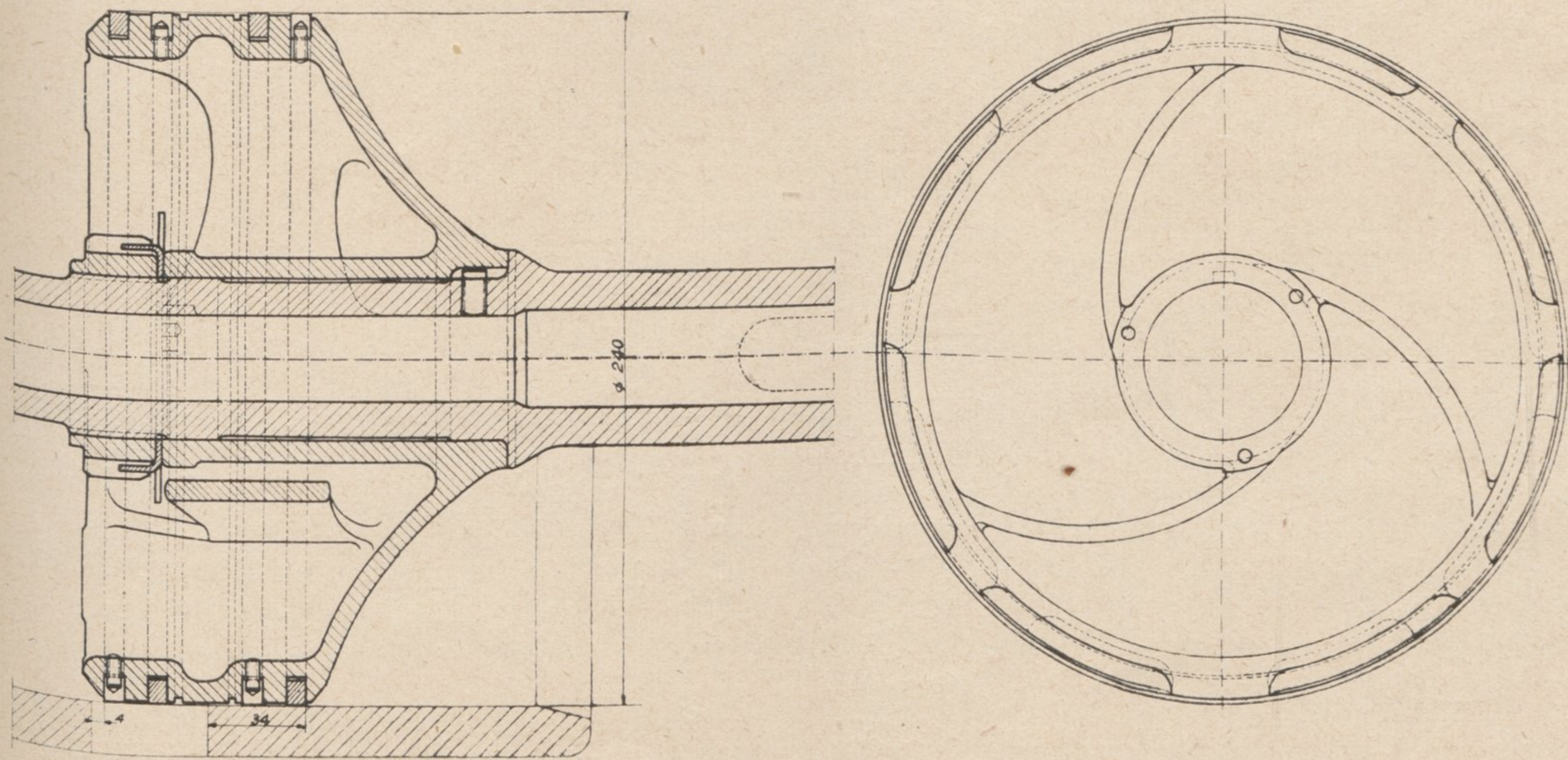
Poids des tiroirs :

	HP	BP
type ordinaire.....	68 kg	96 kg
type Reichsbahn ....	38 kg	60,5 kg
type composite .....	32 kg	56 kg

6° **Amélioration du démarrage.** — Le démarrage des locomotives Pacific était obtenu jusqu'ici en envoyant dans le réservoir intermédiaire, à la pression de 6 kg/cm<sup>2</sup>, de la vapeur prélevée directement à la chaudière.

Dans le but de rendre plus efficace l'action de cet afflux de vapeur, le réservoir intermédiaire a été relié au collecteur de vapeur surchauffée

Fig. 13. — Tiroir allégé type Reichsbahn.



allégés, dont le poids représente une réduction de plus de 40 % pour les tiroirs HP et de plus de 30 % pour les tiroirs BP.

Ont été également mis à l'essai des tiroirs de conception différente, dits « composites » et dont le poids est encore plus réduit. Ces tiroirs sont constitués par deux pavillons en tôle assemblés,

par un tuyau large et court commandé par une vanne spéciale à grand débit (vanne Cocard); la pression dans le réservoir intermédiaire a été portée ainsi, lors du démarrage, de 6 à 10 kg/cm<sup>2</sup>.

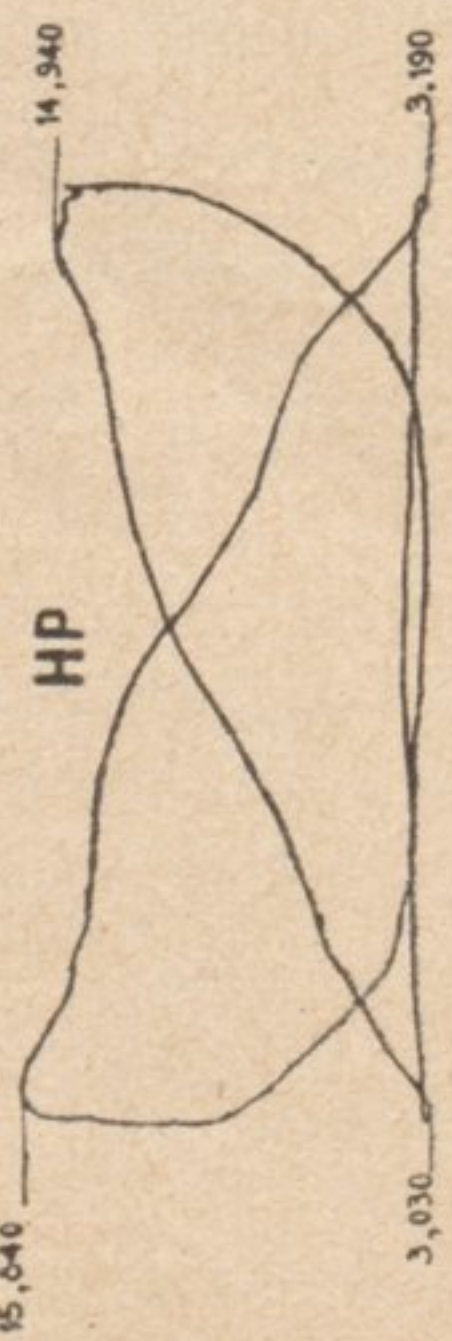
Par ailleurs, le sablage à l'air comprimé, a été substitué au sablage à la vapeur.



Fig. 14. — Diagrammes d'indicateurs des locomotives 231-G.

Train A 707 du 12-3-34

Admission HP 45%, Vitesse 98,8 Km/h

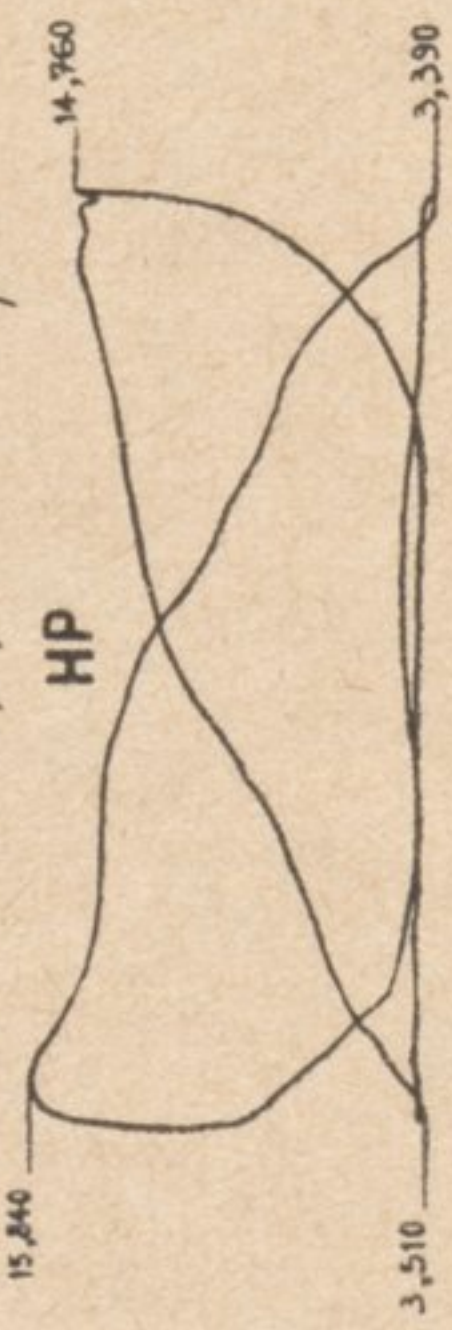


Face N	Face AR	Total
706	757	1465
476	442	920
-----		2385

$$\frac{\text{Pressance cylindres HP}}{\text{Pressance cylindres HP + BP}} = 0,598$$

Train A 707 du 15-3-34

Admission HP 50%, Vitesse 98 Km/h

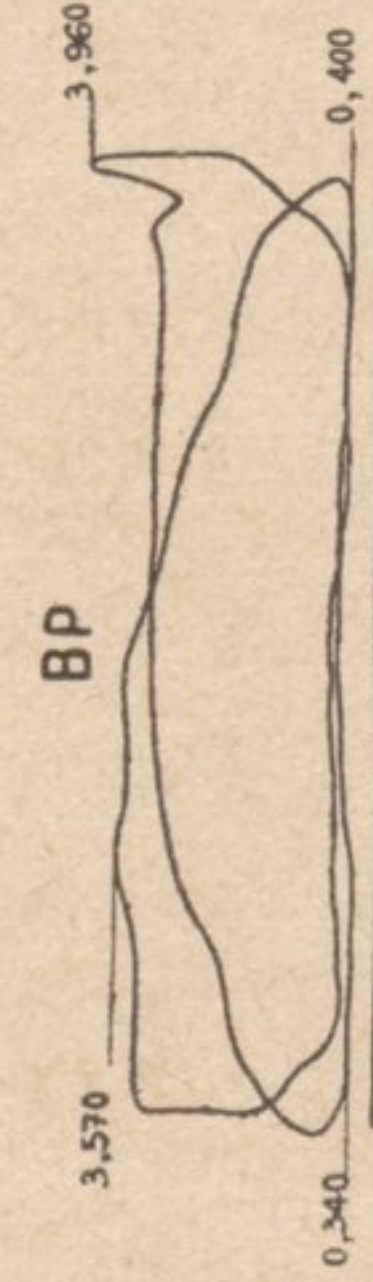
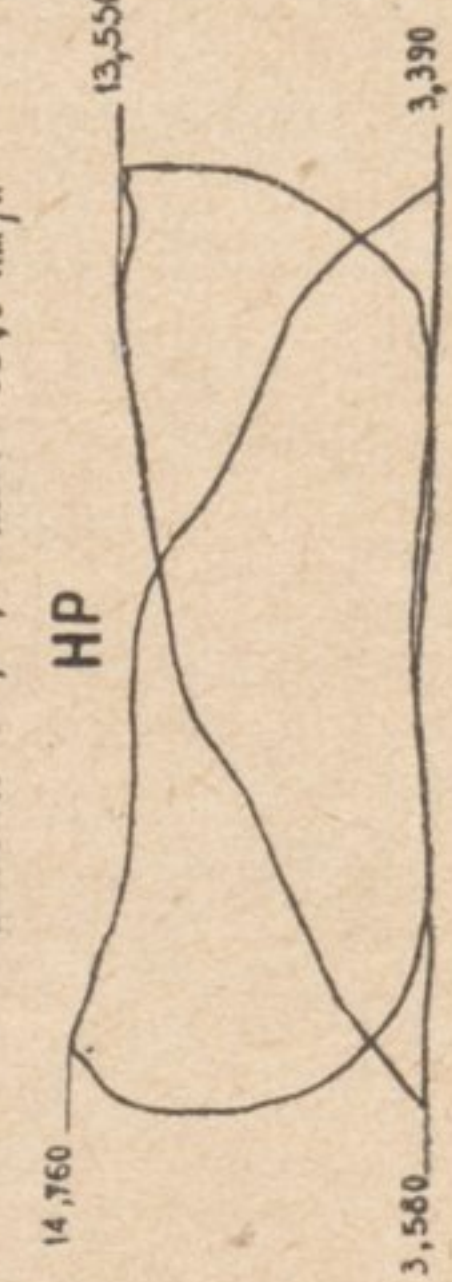


Face N	Face AR	Total
708	774	1482
515	537	1052
-----		2534

$$\frac{\text{Pressance cylindres HP}}{\text{Pressance cylindres HP + BP}} = 0,585$$

Train A 707 du 16-3-34

Admission HP 55%, Vitesse 98,9 Km/h

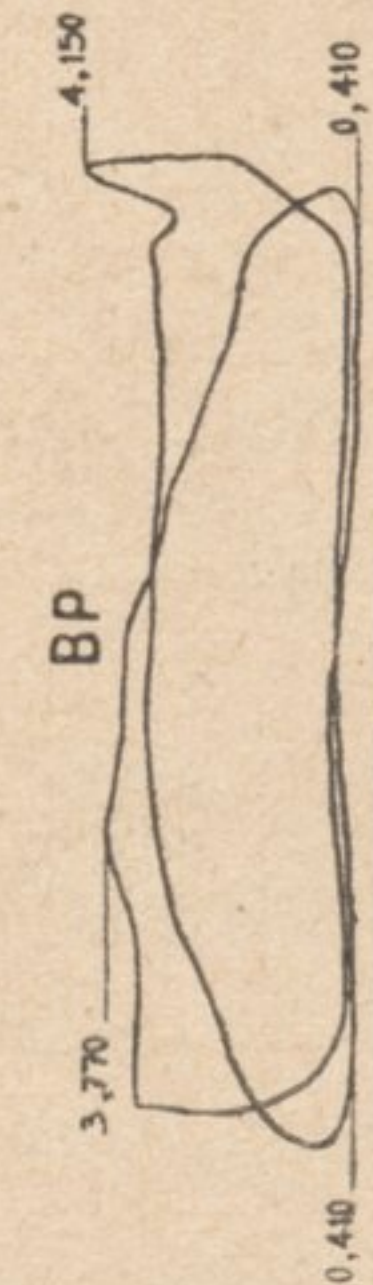
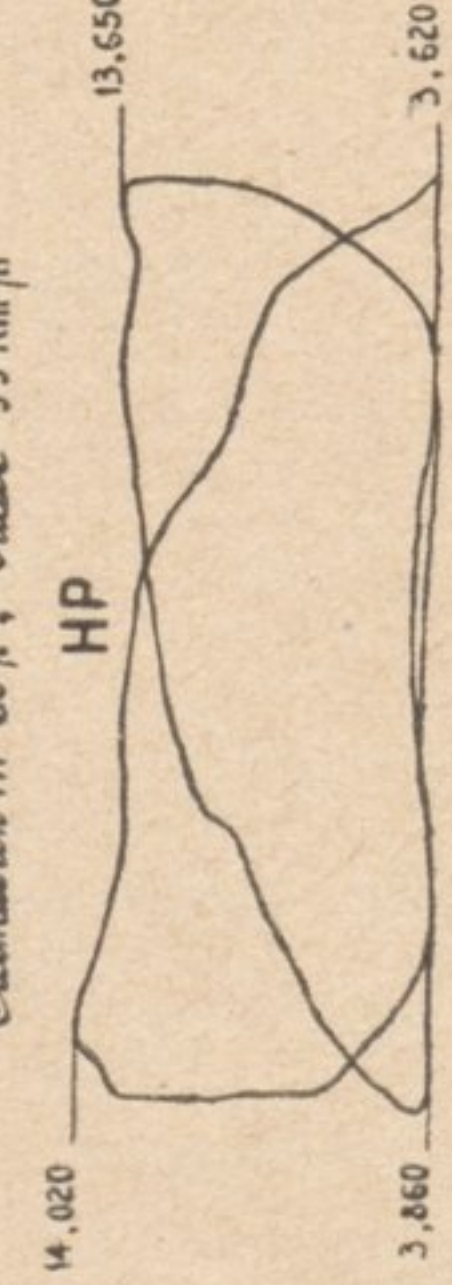


Face N	Face AR	Total
785	856	1641
570	575	1145
-----		2786

$$\frac{\text{Pressance cylindres HP}}{\text{Pressance cylindres HP + BP}} = 0,589$$

Train A 710 du 16-3-34

Admission HP 60%, Vitesse 99 Km/h

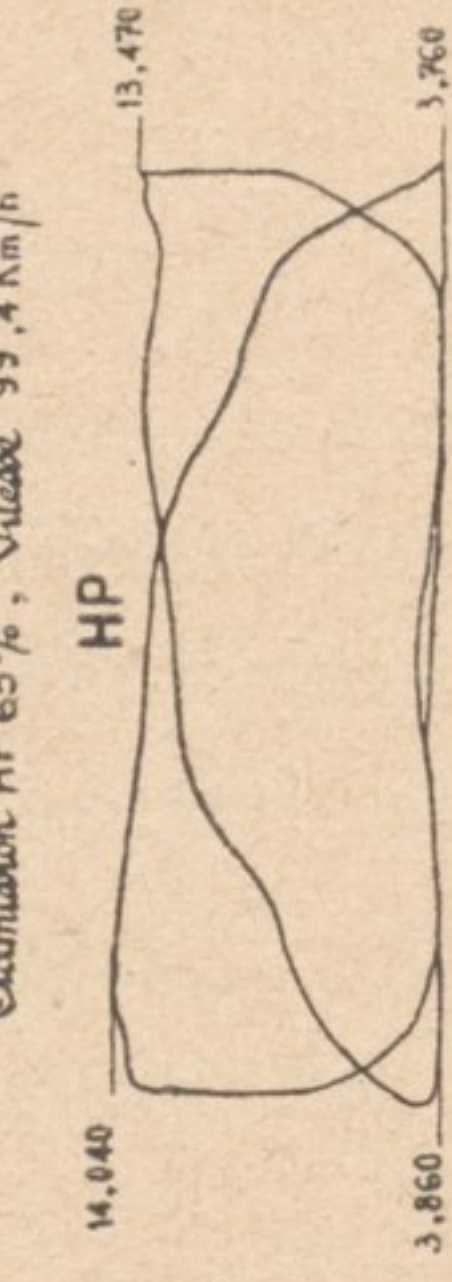


Face N	Face AR	Total
846	900	1746
577	563	1140
-----		2886

$$\frac{\text{Pressance cylindres HP}}{\text{Pressance cylindres HP + BP}} = 0,605$$

Train A 710 du 16-3-34

Admission HP 65%, Vitesse 99,4 Km/h

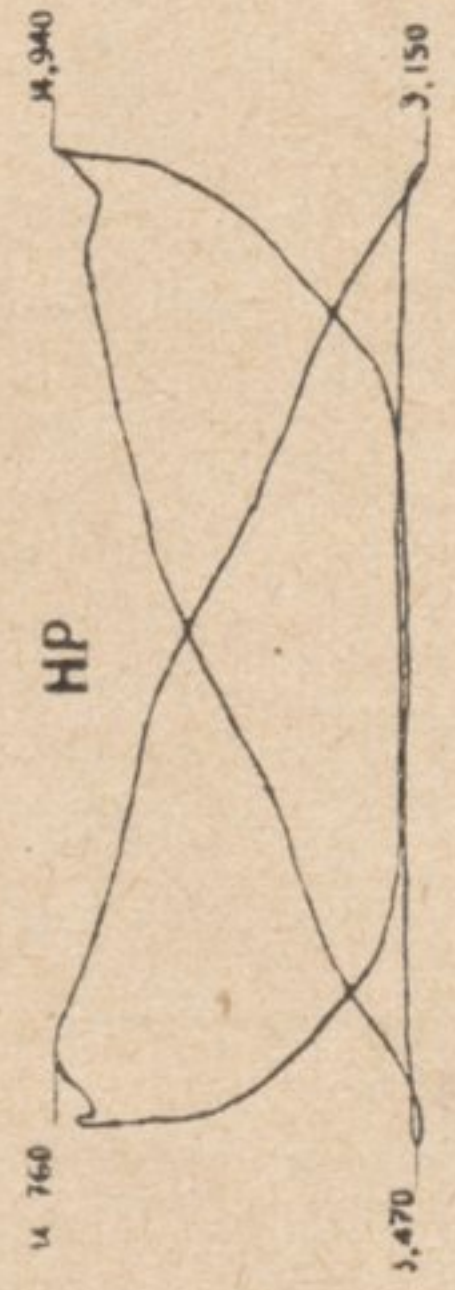


Face N	Face AR	Total
859	908	1767
592	604	1196
-----		2963

$$\frac{\text{Pressance cylindres HP}}{\text{Pressance cylindres HP + BP}} = 0,596$$

Train A 709 du 20-3-34

Admission HP 45%, Vitesse 117,6 Km/h

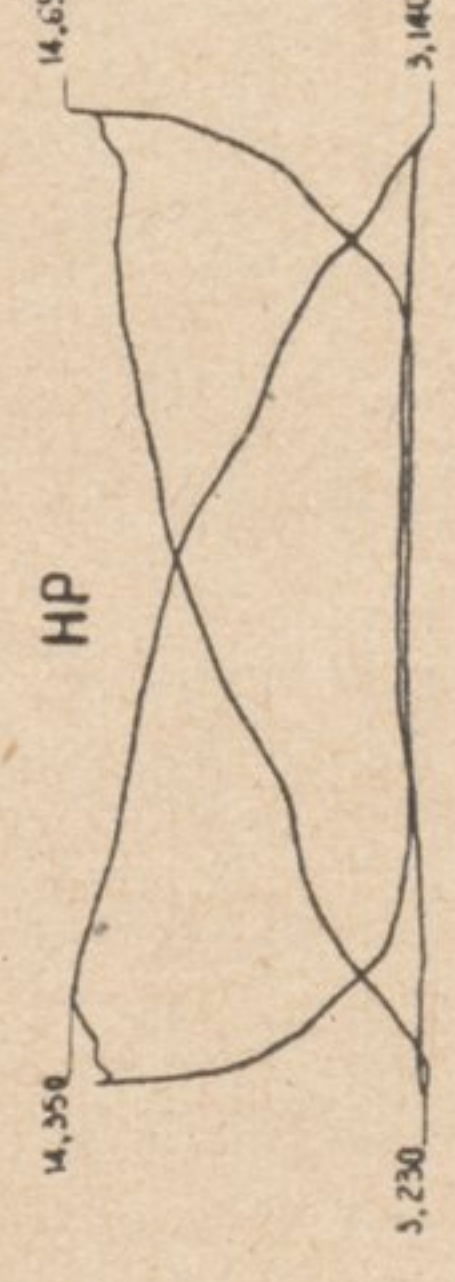


Face N	Face AR	Total
691	774	1465
467	529	996
-----		2461

$$\frac{\text{Pressance cylindres HP}}{\text{Pressance cylindres HP + BP}} = 0,555$$

Train A 709 du 21-3-34

Admission HP 50%, Vitesse 118,5 Km/h

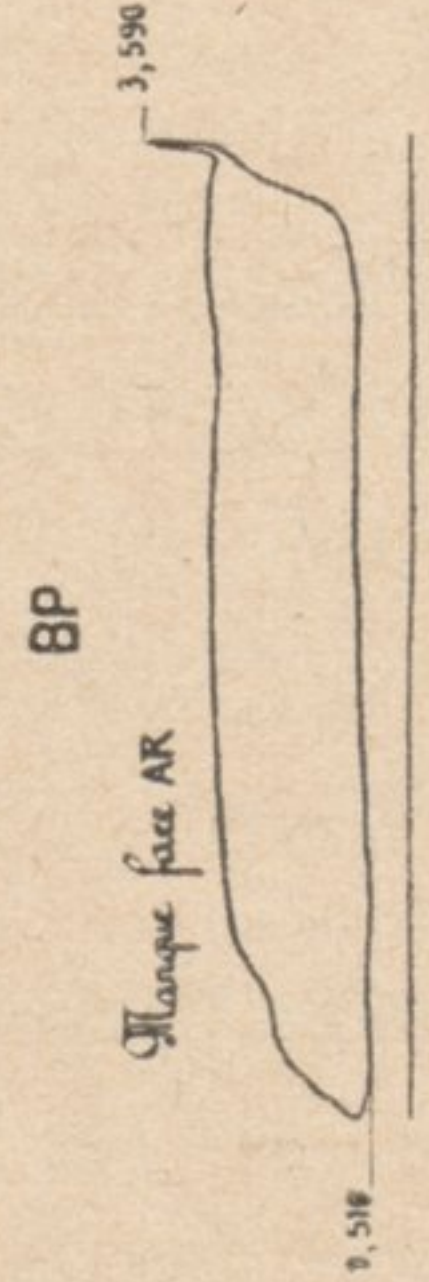
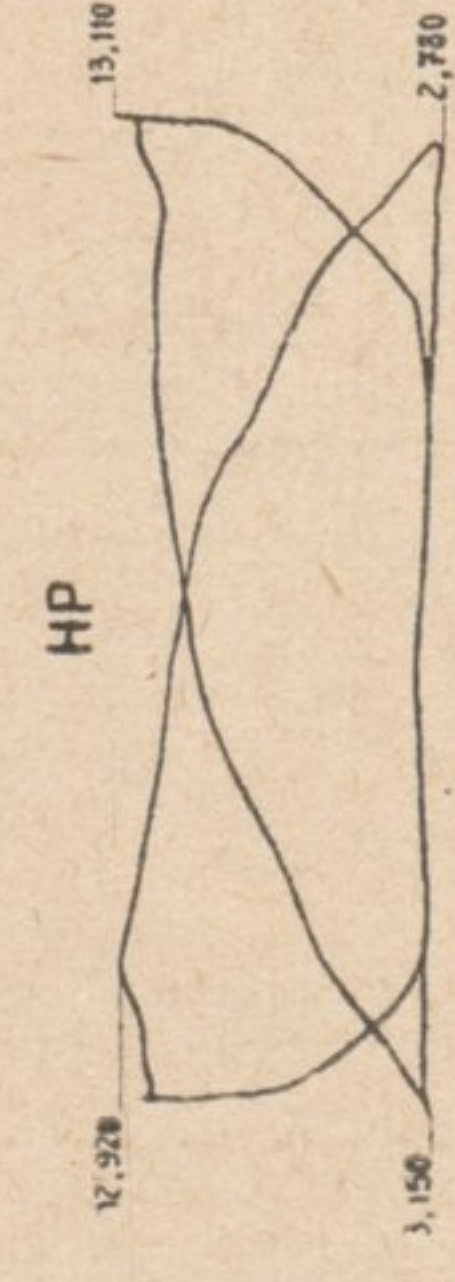


Face N	Face AR	Total
769	844	1613
543	594	1137
-----		2750

$$\frac{\text{Pressance cylindres HP}}{\text{Pressance cylindres HP + BP}} = 0,587$$

Train A 710 du 20-3-34

Admission HP 55%, Vitesse 119 Km/h



Face N	Face AR	Total
769	844	1613
543	594	1137
-----		2750

$$\frac{\text{Pressance cylindres HP}}{\text{Pressance cylindres HP + BP}} = 0,587$$



### B. — RÉSULTATS OBTENUS AUX ESSAIS ET COMPARAISON DES 231-G AVEC LES 231-D

a) Puissance de la locomotive (Fig. 4 et 5).

Les puissances maximum, toujours définies comme étant les puissances pouvant être soutenues sur un parcours de 100 km, ont été les suivantes :

VITESSE	ADMISSION HP %	PUISSANCE	
		indiquée ch	effective ch
100 km/h..	55	2 786	2 131
120 km/h..	50	2 750	1 963

Sur un parcours réduit (20 km), la machine a développé, à 100 km/h, une puissance indiquée de 2963 ch et effective de 2351 ch, correspondant à une admission de 65%.

Par ailleurs, la puissance a été de 2385 ch indiqués et 1755 ch effectifs, à 100 km/h, avec 45% d'admission aux cylindres HP.

La figure 14 reproduit quelques diagrammes d'indicateur.

L'application aux 231-D d'un échappement double type P.L.M. et de nouveaux cylindres BP a donc donné les résultats suivants :

— à caractéristiques égales, la puissance effective a été augmentée de 12% à 100 km/h ;

— la puissance effective maximum a été augmentée de 36% à 100 km/h et 63% à 120 km/h. (Pratiquement, la marche a pu être allongée de 10%);

— l'augmentation de puissance est beaucoup plus forte à 120 km/h qu'à 100 km/h (L'amélioration apportée aux diagrammes est d'autant plus importante que la vitesse est plus élevée).

b) Température de la vapeur (boîtes à vapeur HP).

De 374° à 383°, suivant les caractéristiques de marche.

La température est, par suite, sensiblement la même que sur la locomotive d'origine.

c) Activité de la combustion et tirage.

L'activité de la combustion a atteint 513 kg/m<sup>2</sup>/h lors de l'essai caractérisé par l'admission 55% et la vitesse 100 km/h.

d) Puissance de la chaudière.

La puissance fictive de vaporisation a atteint 102 kg/m<sup>2</sup>/h, marquant une augmentation de 45% sur celle de la locomotive 231 d'origine.

#### e) Consommations et rendements globaux

VITESSE	P <sub>i</sub>	P <sub>e</sub>	$\frac{P_e}{P_i}$	CONSOMMATION par cheval/heure indiqué		CONSOMMATION par cheval/heure effectif		RENDEMENTS GLOBAUX	
				eau	charbon	eau	charbon	indiqué	effectif
				(kg)	(kg)	(kg)	(kg)		
100 km/h...	2 150	1 600	0,74	5,800	0,700	7,800	0,945	0,11	0,08
	2 342	1 724	0,74	5,590	0,680	7,600	0,930	0,11	0,08
	2 400	1 800	0,75	5,770	0,700	7,700	0,930	0,11	0,08
	2 600	2 000	0,77	6,070	0,740	7,900	0,960	0,10	0,08
120 km/h...	2 000	1 300	0,65	6,240	0,760	9,600	1,180	0,10	0,07
	2 352	1 639	0,70	6,280	0,800	9,010	1,140	0,10	0,07
	2 550	1 800	0,71	6,280	0,810	8,900	1,140	0,09	0,07
	2 750	2 000	0,73	6,350	0,850	8,730	1,170	0,09	0,07

Comparée à la locomotive d'origine, la locomotive modifiée donne lieu aux variations ci-après :

VITESSE	PUISSANCES		VARIATION DE LA CONSOMMATION PAR RAPPORT A LA LOCOMOTIVE D'ORIGINE			
	indiquée	effective	par cheval/heure indiqué		par cheval/heure effectif	
			eau	charbon	eau	charbon
100 km/h.....	2 150	1 600	— 6 %	— 18,6 %	— 6 %	— 17,8 %
120 km/h.....	2 000	1 300	— 9,6 %	— 21,6 %	— 9,6 %	— 20,7 %



**Ainsi, à égalité de puissance développée à la même vitesse :**

— **l'économie d'eau** est de 6 % à 100 km/h et de 10 % à 120 km/h ;

— **l'économie de charbon est très importante**, puisqu'elle atteint 18 % à 100 km/h et 20 % à 120 km/h ;

— **l'économie est plus élevée à 120 km/h qu'à 100 km/h** (l'amélioration apportée aux diagrammes est d'autant plus importante que la vitesse est plus grande) ;

— **l'économie de charbon est plus forte que l'économie d'eau** (l'application du nouvel échappement réparti mieux le tirage sur toute l'étendue de la grille et permet une meilleure combustion).

#### IV. — LOCOMOTIVES 231-H

Les locomotives 231-H (Fig. 15 et 16) représentent un deuxième type de Pacific modernes du réseau P.L.M. Elles ne diffèrent des locomotives 231-G que par les modifications suivantes :

surchauffe, consécutive à la fois à l'augmentation du timbre et à la présence d'un économiseur à éléments mixtes ;

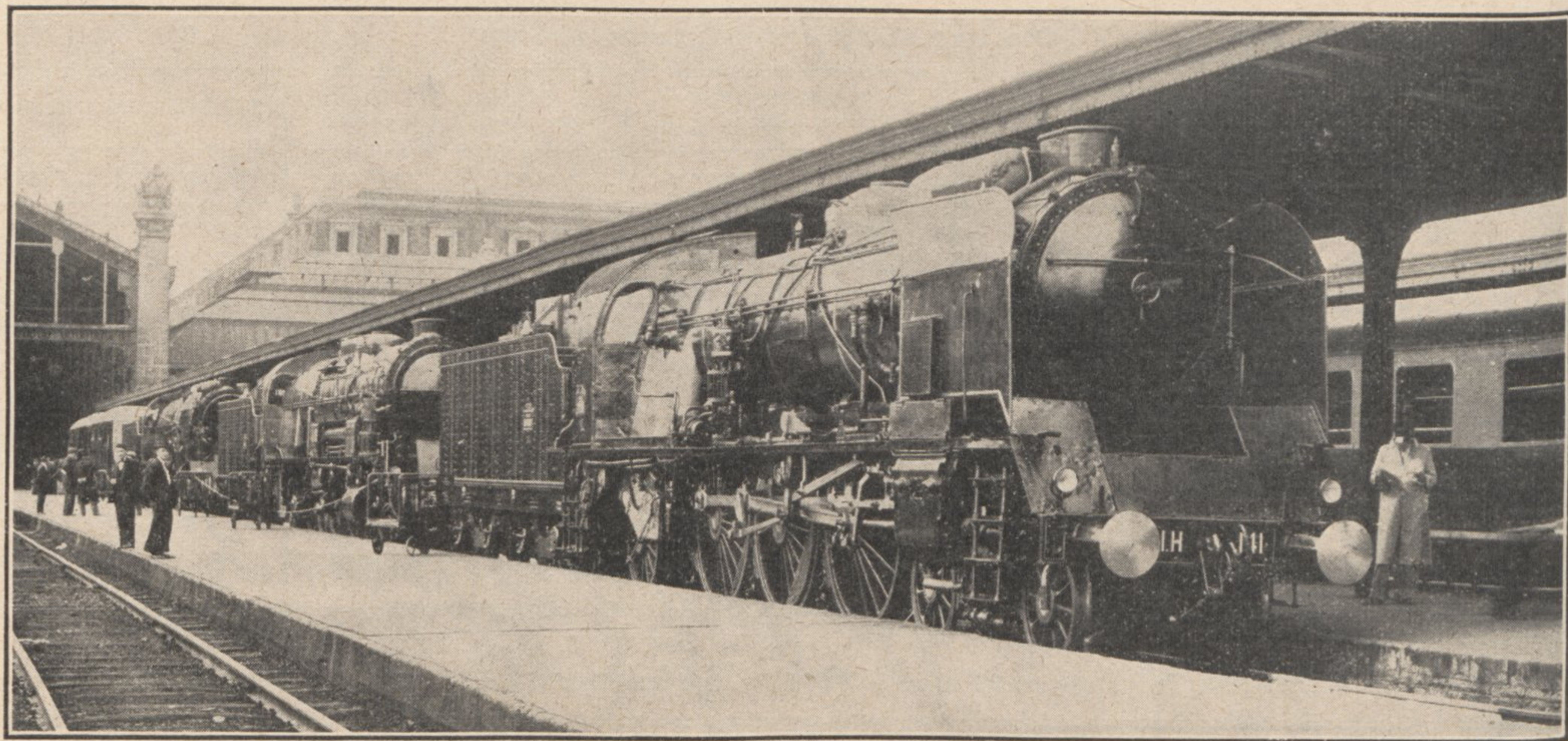
— augmentation de la puissance de la pompe d'alimentation du réchauffeur ACFI type RM.

La locomotive 231-H-141, prototype des 231-H, est une locomotive 231-D transformée (ancienne 231-D-141) ; il a été cependant admis que les autres locomotives 231-H proviendraient de la transformation des plus anciennes Pacific, à savoir les 231-E et les 231-B timbrées respectivement à 12 et 14 kg/cm<sup>2</sup> (Cf. I - Historique), et dont la puissance s'avère à l'heure actuelle nettement insuffisante pour un service de Pacific.

#### A. — Modifications spéciales aux 231-H

1<sup>o</sup> **Élévation du timbre.** — Les premiers essais, au réseau P.L.M., de chaudières timbrées à 20 kg/cm<sup>2</sup> datent de 1929. C'est à cette époque que la chaudière de la locomotive 231-D-141 reçut les renforcements nécessaires pour permettre de porter le timbre de 16 à 20 kg/cm<sup>2</sup> : augmentation du diamètre des tirants, augmentation de

Fig. 15. — Locomotive 231-H-141, lors de la présentation effectuée en Juin 1937, à la gare de Paris, à l'occasion du Congrès International des Chemins de fer.



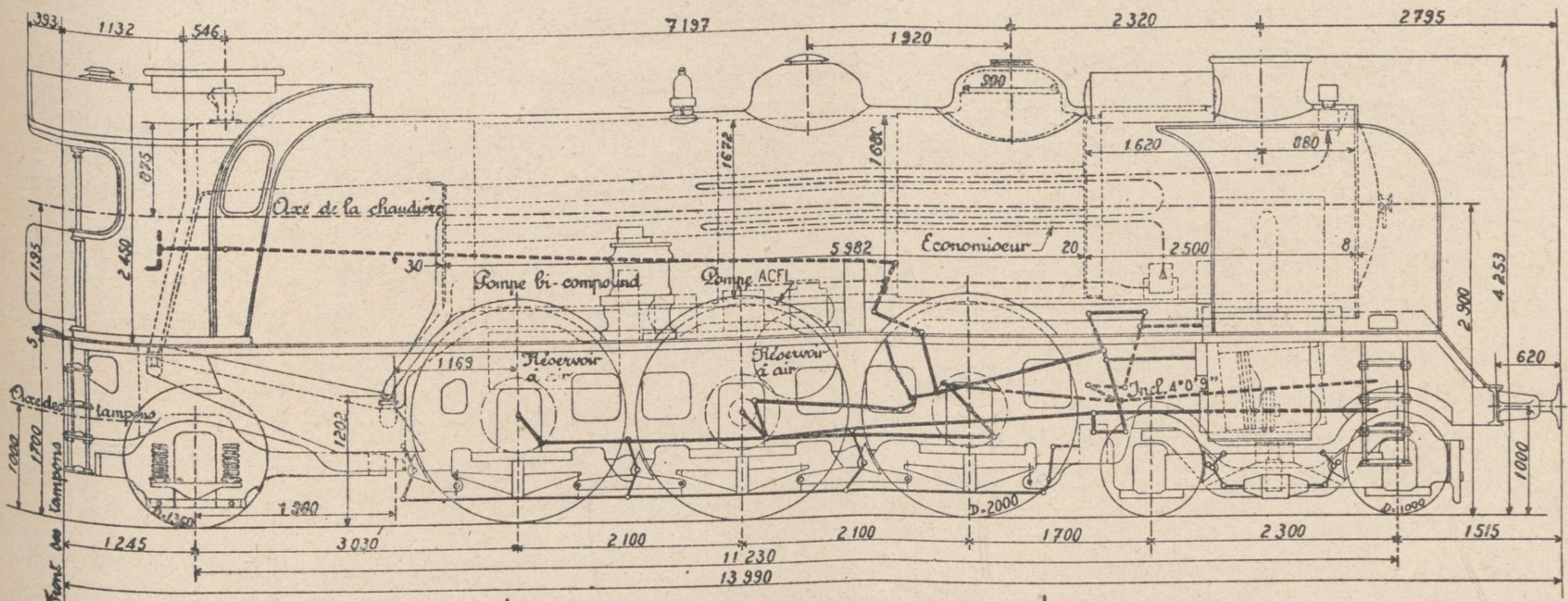
- élévation du timbre de 16 à 20 kg/cm<sup>2</sup> ;
- diminution du diamètre des cylindres HP consécutive à l'élévation du timbre ;
- application d'un économiseur Dabeg à éléments mixtes ;
- augmentation de la température de

l'épaisseur des viroles, renforcement des armatures des plaques tubulaires et renforcement du dôme.

2<sup>o</sup> **Diminution du diamètre des cylindres HP.** — Du fait de l'élévation du timbre, le diamètre des cylindres HP fut réduit de 440 à 400 mm.



Fig. 16. — Diagramme des locomotives 231-H.



Chaudière	
Longueur extérieure de la boîte à feu	En haut 2,510 En bas 2,282
Largueur extérieure de la boîte à feu	À l'N 2,313 À l'AR 2,153
Diamètre intérieur de la grande visée du corps cylindrique	5,899
Longueur du corps cylindrique	5,899
Épaisseur des tôles du corps cylindrique	0,023
Du dessus du rail au dessous du cadre du foyer à l'N	1,202
Longueur intérieure de la boîte à fumée	2,500
Diamètre intérieur de la boîte à fumée	1,726
Capacité totale de la chaudière	11 <sup>m</sup> 320
Capacité de la partie de la chaudière réservée à l'eau	7,320
Hauteur du niveau réglementaire en palier au dessus du ciel de foyer à l'avant	0,114
Embrassement de la chaudière	2,707
Diamètre des soupapes de sûreté	0,1016
Diamètre intérieur de chaque cheminée (En haut)	0,440
de la cheminée double (En bas)	0,330
D'axe en axe des 2 cheminées	0,460
D'axe en axe des rotules	0,840
Châssis	
Écartement intérieur des longérons	1,234
Épaisseur des longérons	0,028
D'axe en axe des colonnes de rampe	2,600
Essieux	
Diamètre des roues au contact	1 <sup>er</sup> et 2 <sup>e</sup> essieux 1000 3 <sup>e</sup> , 4 <sup>e</sup> et 5 <sup>e</sup> essieux 2,000 6 <sup>e</sup> essieu 1,360
Écartement intérieur des bandages	1,360
Trottoirs	
1 <sup>er</sup> et 2 <sup>e</sup> essieux	Diamètre 0,170 Longueur 0,270 D'axe en axe 1,090
3 <sup>e</sup> essieu	0,220 0,230 1,240
4 <sup>e</sup> et 5 <sup>e</sup> essieux	0,220 0,250 1,120
6 <sup>e</sup> essieu	0,200 0,280 1,120
Boutons de manivelles	
Grasses têtes de Admission	0,130 0,172 2,230
Bielles motrices	0,220 0,115 0,690
3 <sup>e</sup> essieu	0,105 0,090 1,940
4 <sup>e</sup> essieu	0,180 0,095 1,885
5 <sup>e</sup> essieu	0,105 0,090 1,885
Bogies	
Rotule	0,060
Essieux	0,001
Jeu latéral de chaque côté de la machine	
3 <sup>e</sup> et 5 <sup>e</sup> essieux	0,001
4 <sup>e</sup> essieu	Amincissement des bandins 0,010 Essieu 0,001
Biviel	
Rotule	0,066
Essieu	0,001
Resorts	
1 <sup>er</sup> et 2 <sup>e</sup> essieux: 15 lames de 120	Corde 1,245 Flèche 0,045
3 <sup>e</sup> , 4 <sup>e</sup> et 5 <sup>e</sup> essieux: 16 lames de 110	Corde 1,0875 Flèche 0,070
6 <sup>e</sup> essieu (En hélice cylindrique)	Diamètre moyen d'entrel. 0,155 Diamètre du fil 0,037
6 spiras 1/4	Hauteur libre 0,3652

Grille	
Longueur (grille développée)	2 <sup>m</sup> ,125
Largueur	À l'avant 2 <sup>m</sup> ,086 À l'arrière 1,922
Foyer	
Surface	4 <sup>m</sup> 25
Hauteur du ciel au dessous du cadre	À l'N 1 <sup>m</sup> ,9952 À l'AR 1,4807
Tubes	
Longueur intérieure	En haut 2,280 En bas 2,078 À hauteur de l'axe de la chaudière 1,418
Largueur intérieure	En bas À l'avant 2,086 À l'arrière 1,922
Épaisseur du cuivre des parois latérales	0,014
Épaisseur du cuivre de la plaque AR	0,014
Épaisseur de la plaque tubulaire en cuivre	0,030
Surface de chauffe	
Longueur entre les plaques tubulaires	5,982
Surface de chauffe totale	15,43
Surchauffeur	
Nombre d'éléments surchauffeurs	5 P.4 26
Diamètre extérieur des tubes	0,035 et 0,024
Surface de surchauffe	49 <sup>m</sup> 50
Economiseur	
Nombre d'éléments réchauffeurs	22
Diamètre extérieur des tubes	0,035
Diamètre intérieur des tubes	0,028
Surface totale réchauffante en contact avec les gaz	25 <sup>m</sup> 50

Mouvement	
Diamètre des cylindres	Admission 0 <sup>m</sup> ,400 Débite 0 <sup>m</sup> ,650
Course des pistons	0,650 0,650
Longueur des bielles motrices	3,000 1,675
D'axe en axe des cylindres	2,230 0,690
D'axe en axe des tiges de tiroirs	2,280 0,705
D'axe en axe des couliasses	2,465 "
Inclinaison des cylindres sur l'horizontale	0° 4'0"9"
Les manivelles motrices des cylindres d'admission font avec les manivelles motrices des cylindres de détente un angle de 175° 59' 51"	
Distribution	
Type de la distribution	Admission Walschaert Débite renvoi de mouvement
Type des tiroirs	Cylindrique Cylindrique
Diamètre des tiroirs	0 <sup>m</sup> ,240 0 <sup>m</sup> ,360
Rayon d'excentricité	0,160 "
Corbée maximum des tiroirs	0,172 0,2215
Recouvrement à l'admission (intérieur)	0,034 0,034
Recouvrement à l'échappement (extérieur)	-0,004 AR-8 AR-6
Introduction moyenne maximum	79,75% 87,45%
Lumières d'admission	10,580 x 0,040 10,891 x 0,054 (M)
Volume du réservoir intermédiaire de vapeur	10,052 (M)
De chaque côté de la locomotive, un seul mouvement de distribution actionne directement le tiroir du cylindre d'admission, et, par un arbre de renvoi et un levier oscillant, le tiroir du cylindre de détente	
Poids	
Machine à vide (Bandages mi-usés)	96 030
Eau chaude au niveau réglementaire	7 320
Combustible supposé chargé dans le foyer	1 300
Sable (Sablère mi-pleine)	150
Machine en situation moyenne de marche	
1 <sup>er</sup> essieu	14 600
2 <sup>e</sup> essieu	14 600
3 <sup>e</sup> essieu	19 000
4 <sup>e</sup> essieu	19 000
5 <sup>e</sup> essieu	19 000
6 <sup>e</sup> essieu	18 600
Total	104 800
Locomotives munies d'un échappement double P.L.M., de cylindres à sections de passage de la vapeur agrandies, et d'un réchauffeur A.C.F.I. type Intégral avec pompe de 325.	

Cette machine est agencée pour la remorque des trains chauffés par la vapeur.



Théoriquement, il eût fallu adopter un diamètre de 406 mm défini par la relation :

$$\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{1}{\gamma}}$$

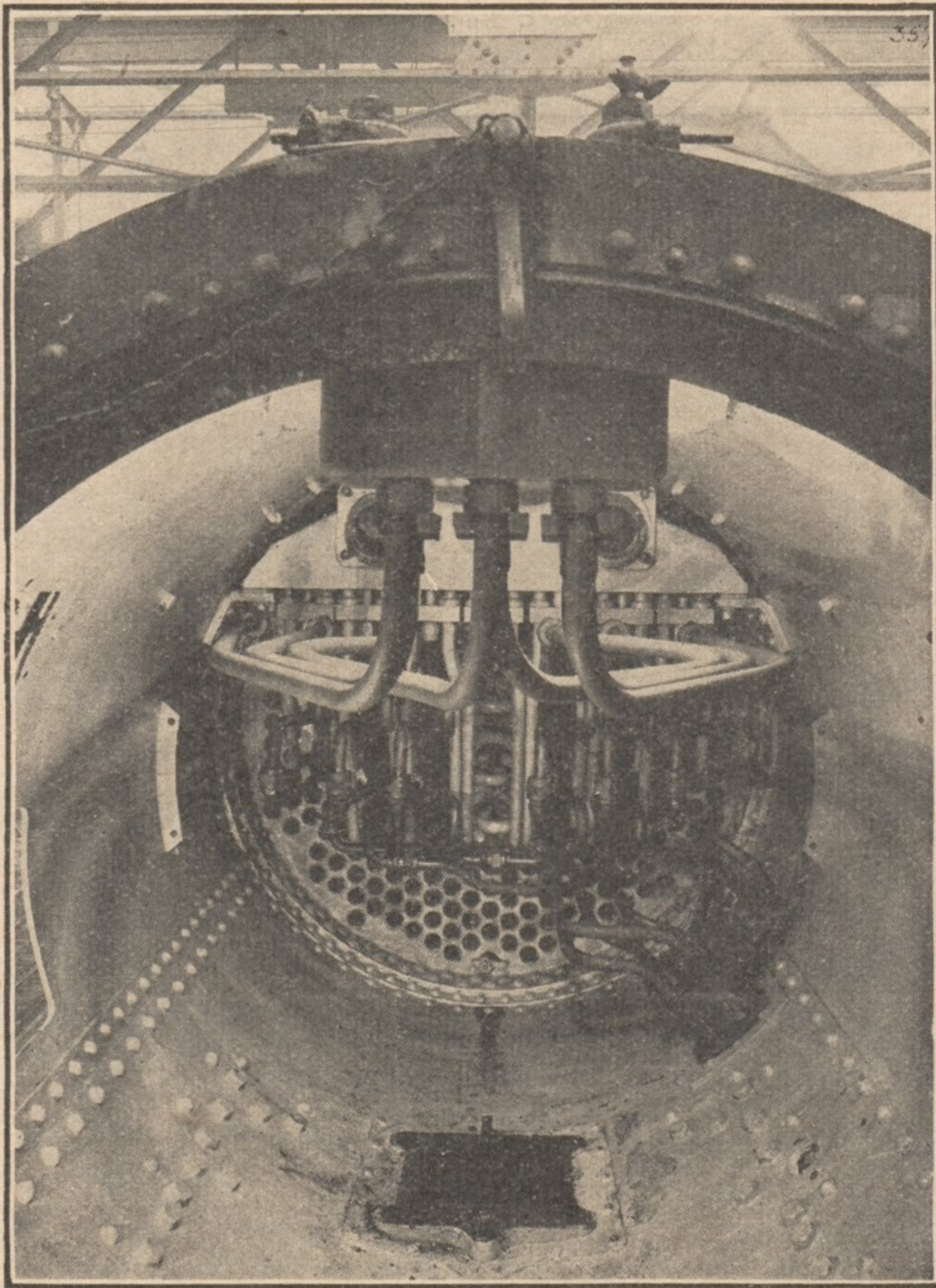
où les lettres ont les significations ci-après :

- $d_1$  et  $d_2$  : diamètres des cylindres HP;
- $P_1$  et  $P_2$  : pressions **absolues** de la vapeur.

3° **Application d'un économiseur.** — En vue d'améliorer le rendement de la chaudière, la 231-D-141, fut munie d'un **économiseur Dabeg à éléments mixtes** (Fig. 17) monté en série avec le réchauffeur ACFI.

La température de l'eau d'alimentation, qui n'était que de 95° à la sortie du réchauffeur ACFI,

Fig. 17. — Économiseur Dabeg à éléments mixtes.



a été portée à 125° à la sortie de l'économiseur, avant l'introduction dans la chaudière, soit une augmentation de 30°.

4° **Amélioration de la surchauffe.** — L'augmentation de la température de surchauffe a été rendue nécessaire pour 2 raisons :

a) Toute augmentation du timbre doit s'accompagner, non seulement de la diminution

du volume des cylindres HP, mais aussi d'une augmentation de la température de surchauffe. L'examen du diagramme entropique montre que lorsqu'on passe du timbre de 16 kg/cm<sup>2</sup> à celui de 20 kg/cm<sup>2</sup>, l'augmentation de température doit être de 30° environ.

b) La présence d'une circulation d'eau, même réchauffée, dans les tubes surchauffeurs, entraîne un refroidissement des gaz et une baisse, d'environ 30°, de la température de surchauffe. Une nouvelle élévation de la température de surchauffe s'imposait donc de ce fait.

C'est donc, en définitive, une augmentation de 60° de la température de surchauffe qu'il fallait obtenir.

Le résultat put être atteint grâce aux modifications suivantes :

α) Substitution, au collecteur unique, de collecteurs de surchauffe à chambres séparées.

β) Remplacement des tubes surchauffeurs de 135 × 143 par des tubes de 141 × 150.

γ) Substitution aux éléments surchauffeurs type Schmidt d'éléments surchauffeurs type 5P4 de la Compagnie des Surchauffeurs.

Ces éléments, qui ont l'avantage de pouvoir être logés à côté des éléments économiseurs, sont constitués par 4 tubes aller de 16 × 24 avec ailettes et 1 tube de retour de 28 × 35 réunis par une ogive forgée (Fig. 18).

δ) Rapprochement de l'ogive des éléments 5P4 à 350 mm de la plaque tubulaire de foyer, au lieu de 450 mm pour les éléments Schmidt des 231-D.

5° **Renforcement de la puissance de la pompe ACFI.** — Pour tenir compte à la fois de l'augmentation de la puissance de vaporisation de la machine et de la perte de charge supplémentaire due à la présence de l'économiseur, il a été nécessaire de substituer à la pompe ACFI d'origine, type 254/203/203, course 260, débit maximum 19,5 m<sup>3</sup>, une pompe ACFI nouveau modèle, type 325/235/235, course 230, débit maximum 37 m<sup>3</sup>.

## B. — Résultats obtenus aux essais et comparaison des 231-H avec les 231-D

1° **Essais en ligne.** — a) Puissance de la locomotive (Fig. 4 et 5).



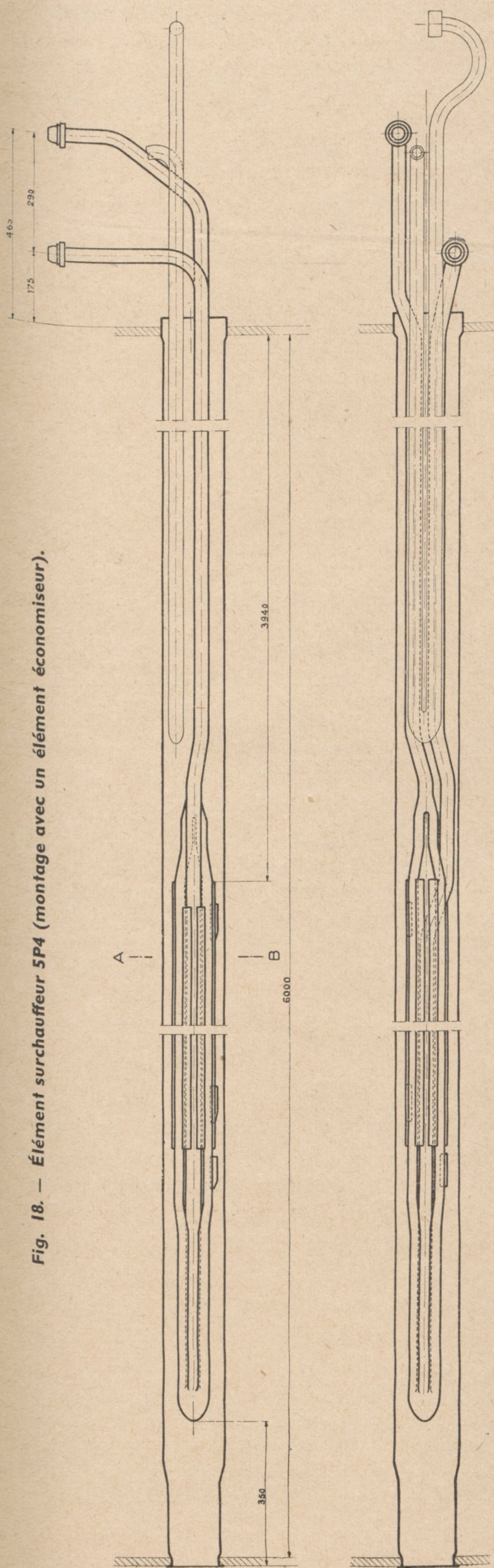


Fig. 18. — Élément surchauffeur 5P4 (montage avec un élément économiseur).

Le tableau ci-dessous donne les puissances **maximum** ayant pu être **soutenues** par la locomotive 231-H-141, au cours d'essais en ligne, sur un parcours de 100 km.

VITESSE	ADMISSION	PUISSANCE	
		indiquée	au crochet
100 km/h..	55 %	3 078 ch	2 482 ch
120 km/h..	50 %	3 216 ch	2 393 ch

Par rapport à la locomotive 231-G, l'augmentation de puissance, pour des admissions égales, est de 16 % à 100 km/h et de 21 % à 120 km/h.

Par rapport à la locomotive 231-D d'origine, l'augmentation de la **puissance maximum pouvant être soutenue** est de 58 % à 100 km/h et de 87 % à 120 km/h.

La locomotive 231-H a d'ailleurs pu développer, à 100 km/h et sur un parcours de 20 km, une puissance indiquée de 3 321 ch et effective de 2 700 ch pour une admission de 60 %.

La figure 19 reproduit quelques diagrammes d'indicateur.

b) Température de l'eau d'alimentation.

La température de l'eau sortant de l'économiseur a atteint 125°, la température de cette eau, au sortir du réchauffeur ACFI étant de 95°.

c) Température de la vapeur surchauffée.

La température de la vapeur surchauffée, aux boîtes à vapeur, a atteint 400°.

d) Consommations et rendements.

Pour une puissance au crochet de 2 200 ch à 100 km/h, la consommation par ch/h effectif a été de 0,970 kg de charbon et 7,2 kg d'eau.

Pour une puissance au crochet de 2 000 ch



à 120 km/h, la consommation par ch/h effectif a été de 1,100 kg de charbon et 7,8 kg d'eau.

Les courbes de la figure 20 montrent les rendements globaux indiqués et effectifs de la locomotive 231-H-141.

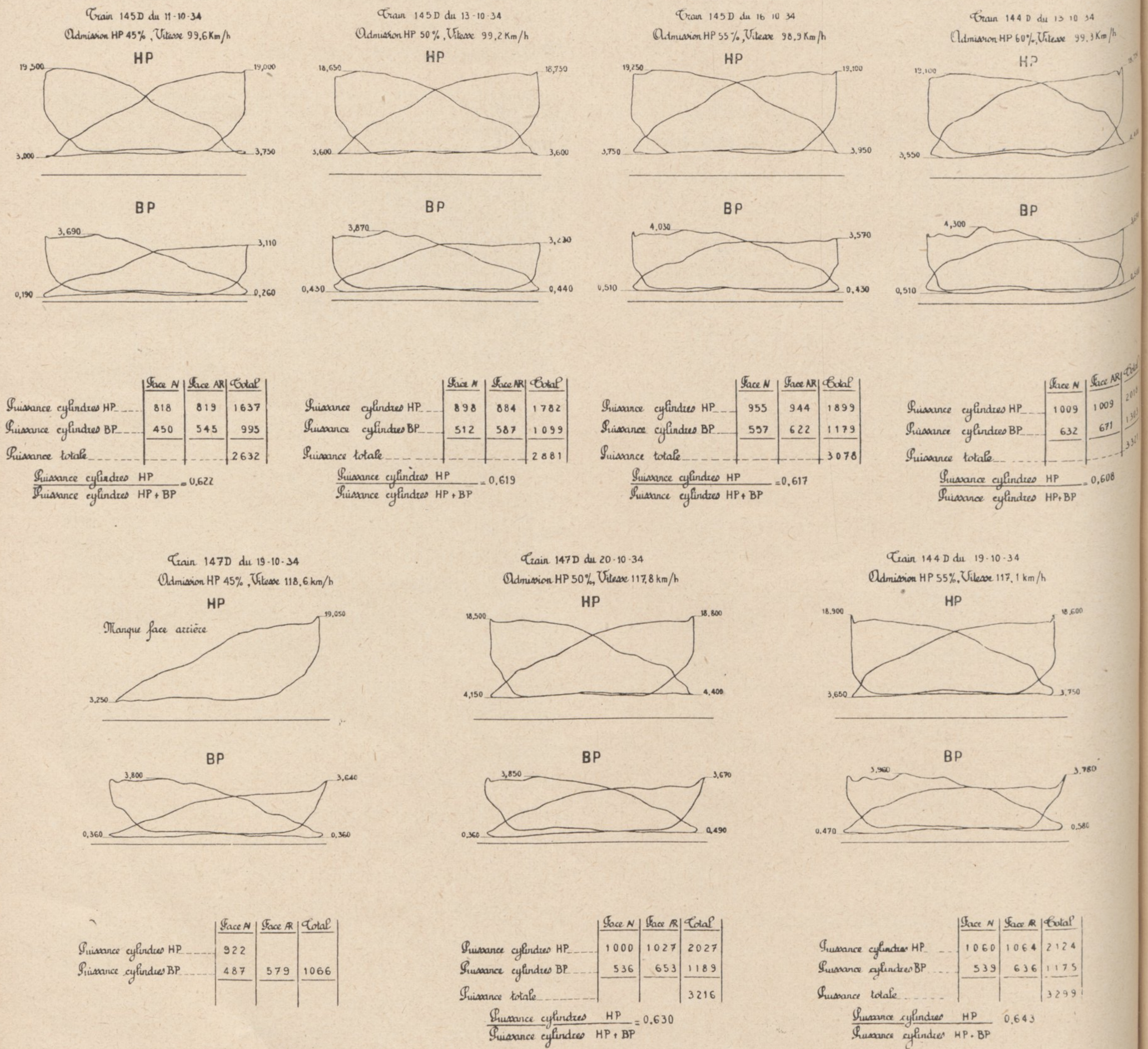
2° **Essais au banc de Vitry.** — La locomotive 231-H-141 a été soumise, en juillet 1936, à des essais de puissance et de consommation au banc d'essai de vitry. Elle a pu soutenir, **au cours d'essais de longue durée**, aux vitesses de 100 et de 120 km/h, **une puissance à la jante**

**d'environ 3 000 ch.** Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus.

Vitesse	Admission HP	Serrage de l'échappement	Durée de l'essai	Puissance à la jante	Consommation par cheval/heure à la jante	
					Charbon	Eau
	%		h mn	ch	kg	kg
100 km/h	58	7/10	1 30	3 032	0,881	5,78
120 km/h	50	3/10 et 8/10	1 41	2 924	0,898	5,94

Par ailleurs, au cours d'un essai moteur, la locomotive 231-H-141 a développé, à la vitesse de 117 km/h, avec une admission de 50 % aux

Fig. 19. — Diagrammes d'indicateurs des locomotives 231,H.



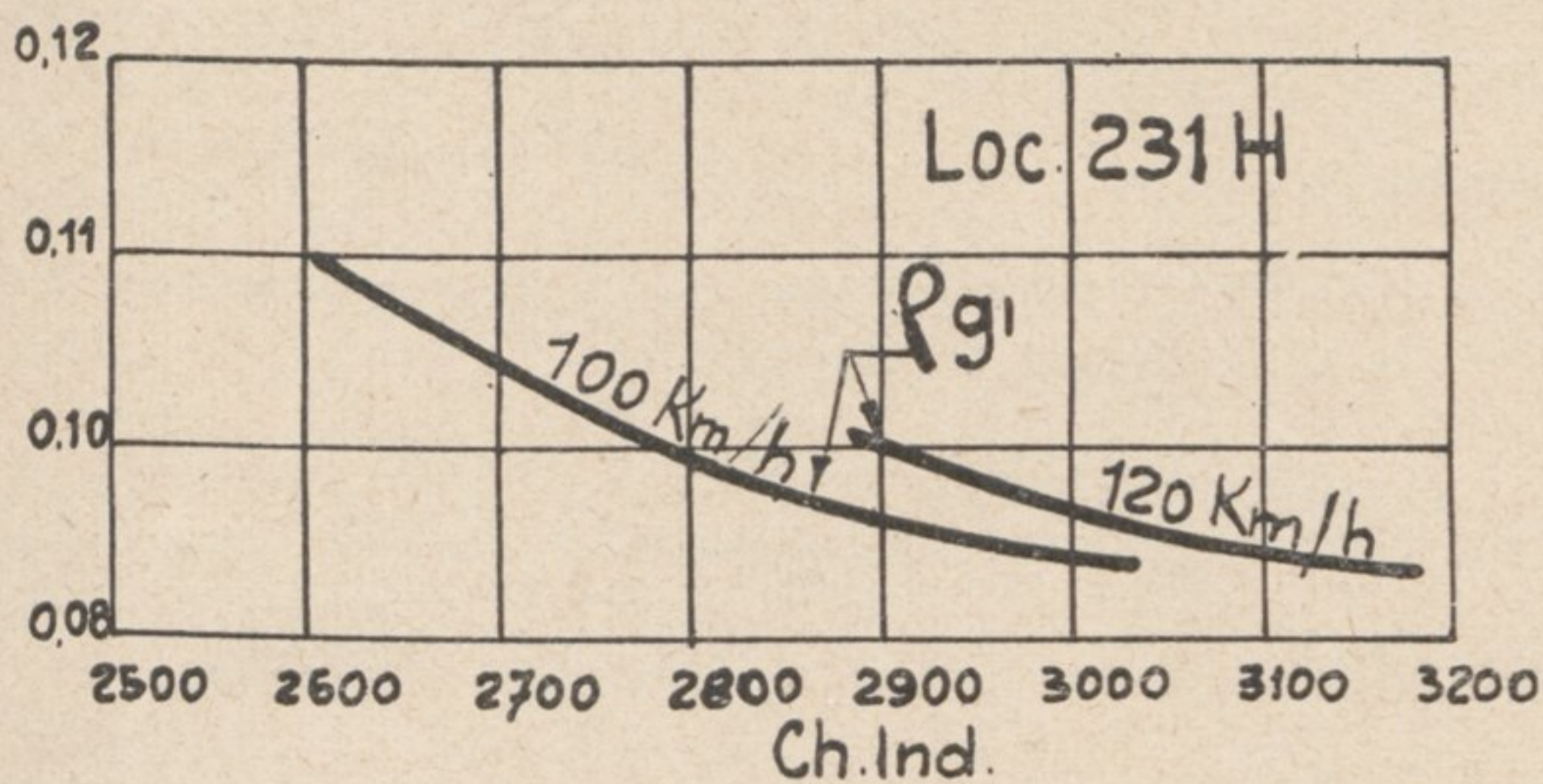
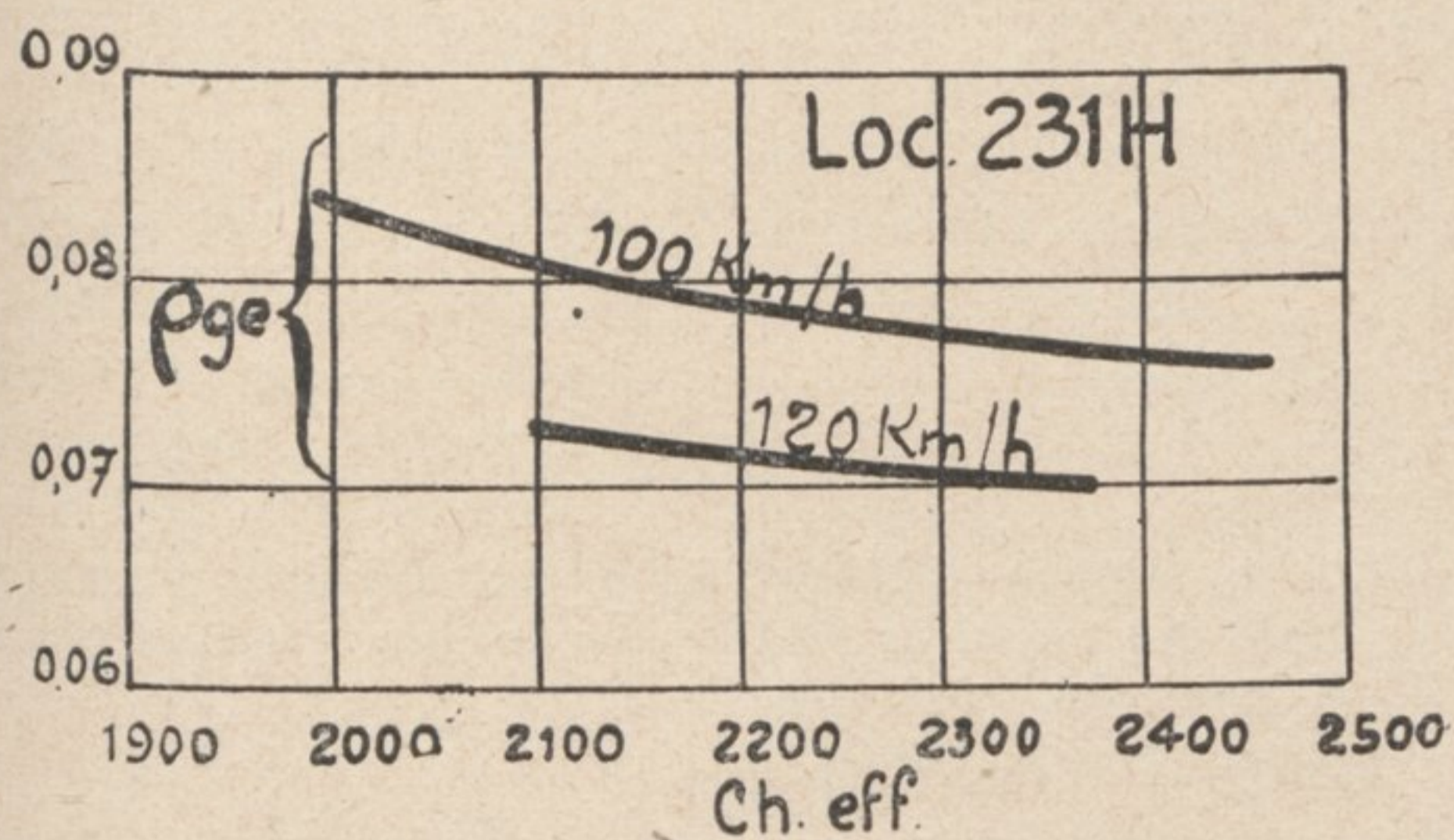


cylindres HP, une puissance à la jante de 3 120 ch. Ce chiffre, légèrement supérieur à celui relevé au cours de l'essai de durée, s'explique par le fait que, pendant l'essai moteur, qui fut très court,

pour réaliser la faible puissance demandée, de laminer au régulateur, ce qui diminue en particulier le rendement du moteur.

Si, de ce fait, les distributions conjuguées

Fig. 20. — Rendements globaux (effectif et indiqué) des locomotives 231-H.



l'échappement est resté au cran 3, alors que, dans l'essai de consommation, l'échappement a dû être serré au cran 8.

### V. — Locomotives 231-K

Les locomotives 231-K représentent le troisième type de locomotives Pacific modernes du réseau P.L.M.

Ce sont d'anciennes machines 231-C qui, au cours de la transformation, sont mises sur le type des 231-G. Le changement de marche à déclic d'origine (Cf-I-Historique) a toutefois été conservé, d'abord pour réduire au minimum les frais de transformation, ensuite et surtout pour permettre de réaliser facilement, le cas échéant, l'indépendance complète des distributions HP et BP. Un essai de cette dernière disposition est d'ailleurs en cours sur une locomotive 231-K.

L'intérêt de l'indépendance des distributions se fait d'autant plus sentir que les locomotives travaillent plus loin de leur puissance maximum. Lorsqu'une machine à distributions conjuguées, que ce soit une 231-G ou une 231-H, est amenée à remorquer, à grande vitesse, un train léger sur un profil facile, il n'est pas possible de relever suffisamment sa marche, comme il serait désirable de le faire, car l'admission HP se trouverait réduite de façon excessive<sup>(1)</sup>; il est alors nécessaire,

présentent des inconvénients sérieux, elles ont, par contre, l'avantage de la simplicité.

L'expérience en cours avec des 231-G et des 231-K, qui ne diffèrent que par la commande des distributions, permettra de prendre position sur cette question toujours controversée.

Dans un ordre d'idées différent, le P.L.M. s'est demandé s'il n'y avait pas lieu d'améliorer plus qu'il ne l'a fait (Cf. III-A-6) le démarrage de ses locomotives, en adoptant, malgré sa complication, le dispositif consistant à séparer, au départ, les groupes HP et BP. Des essais sont envisagés, qui montreront si l'on doit, ici encore, sacrifier à la simplicité du mécanisme.

### VI. — Essai d'une distribution à soupapes

Nous signalerons, pour terminer, l'essai, entrepris sur une locomotive 231-K, d'une distribution à soupapes Dabeg actionnées par cames oscillantes.

### VII. — CONCLUSION

L'exposé qui vient d'être fait montre que les locomotives Pacific P.-L.-M. vont être progressivement modernisées, l'idée directrice de cette modernisation étant d'obtenir, **avec le minimum de dépenses**, donc avec le minimum de modifications, **un rendement aussi élevé que possible**.

Trois séries de locomotives — les 231-G, 231-H, 231-K, sont destinées à remplacer les 4 séries existantes, 231-B, 231-C, 231-D et 231-E.

Les nouvelles locomotives, qui sont compound

<sup>(1)</sup> Sur les 231 du P.L.M. à marches conjuguées, il n'est pratiquement pas possible de soutenir une vitesse de 120 km/h avec une admission HP inférieure à 40% (à l'admission HP de 40% correspond une admission BP de 52%). On peut fort bien, par contre, sur les 231-K à marches complètement indépendantes, soutenir la vitesse de 120 km/h avec 20% d'admission à la HP et 50% d'admission à la BP.



à 4 cylindres, avec distribution de la vapeur par tiroirs cylindriques et échappement double

variable type P.-L.-M., ne diffèrent entre elles que sur les points suivants :

	231-G	231-H	231-K
Timbre de la chaudière.....	16 kg/cm <sup>2</sup>	20 kg/cm <sup>2</sup>	16 kg/cm <sup>2</sup>
Diamètre des cylindres HP.....	440 mm	400 mm	440 mm
Faisceau tubulaire.....	{ 128 tubes de 51 × 55 26 tubes de 135 × 143	{ 122 tubes de 51 × 55 26 tubes de 141 × 150	{ 128 tubes de 51 × 55 26 tubes de 135 × 143
Type des éléments surchauffeurs.....	Eléments Schmidt ordinaires	Eléments 5P4	Eléments Schmidt ordinaires
Type de la commande des distributions...	Distributions conjuguées		Distributions HP et BP indépendantes avec enclenchement de la BP à 63 %.
Type du réchauffage de l'eau d'alimentation	Par la vapeur d'échappement des cylindres (ACFI).	Par la vapeur d'échappement des cylindres (ACFI) et par les gaz de la combustion (DABEG).	Par la vapeur d'échappement des cylindres (ACFI).

Les 231-G et 231-K peuvent **soutenir** :  
à 100 km/h, 2 800 ch indiqués et 2 150 ch effectifs  
à 120 km/h, 2 750 ch indiqués et 2 000 ch effectifs  
Les 231-H peuvent **soutenir** :  
à 100 km/h, 3 100 ch indiqués et 2 500 ch effectifs

à 120 km/h, 3 200 ch indiqués et 2 400 ch effectifs.  
Ainsi, grâce aux améliorations apportées aux Pacific P.-L.-M., les possibilités de la traction ont pu être considérablement augmentées.