

NOTE SUR UNE ÉTUDE DE LA DISTRIBUTION DES MACHINES PACIFIC DD ETAT

par M. BARRIER

Ingénieur en Chef

La « Revue Générale des Chemins de fer » a déjà indiqué dans son numéro du 1^{er} Avril 1937, à propos de l'article de M. H. Touvet sur la distribution Caprotti, les différentes études faites antérieurement sur les distributions de locomotives, en distinguant notamment le principe de la distribution : phases indépendantes ou phases liées, et le mode d'obturation des boîtes à vapeur : tiroirs, pistons-valves ou soupapes, et en essayant de préciser les avantages et les inconvénients théoriques et pratiques de chacun des différents systèmes.

La note ci-après apporte une contribution très intéressante à l'étude expérimentale des différents systèmes de distribution. Elle montre en particulier l'importance que peuvent avoir, sur le fonctionnement économique de la locomotive, d'assez faibles différences dans la répartition des diverses phases, et elle prouve également que, dans les distributions à phases liées, il est possible, dans une certaine mesure, de modifier cette répartition et, ce faisant, d'améliorer le rendement moteur.

Il est à souhaiter que d'autres essais analogues effectués sur d'autres distributions viennent compléter les résultats obtenus à l'ancien Réseau de l'Etat et contribuer ainsi à abaisser pratiquement la consommation spécifique des locomotives, en permettant de déterminer la distribution la plus avantageuse dans chaque cas particulier.

Il resterait alors à régler toutes les locomotives du parc avec la même précision et à s'assurer que ce réglage optimum peut être maintenu pratiquement entre deux révisions de la machine sans exiger des dépenses ou des immobilisations exagérées.

Comme plusieurs autres Réseaux Français, le Réseau de l'Etat avait procédé depuis plusieurs années à la transformation d'un certain nombre de ses machines Pacific à surchauffe en leur appliquant les modifications préconisées par le Réseau du P. O.

Toutefois, une première série de locomotives ne reçurent d'amélioration qu'à la basse pression par l'application de la distribution à soupapes Dabeg, aucune modification n'étant apportée ni à la distribution HP, ni aux sections de passage de la vapeur entre la chaudière et la boîte à vapeur HP, sauf cependant au régulateur.

la ligne de Paris au Havre, dans les mêmes roulements que les Pacific modifiées uniquement à la basse pression (BP Dabeg), et avec des charges de 400 tonnes environ, la consommation des Pacific DD ⁽¹⁾ s'avéra supérieure, de l'ordre de 10 à 15 %, à celle des Pacific D ⁽²⁾. Pratiquement la dépense d'eau au km, entre Paris et Rouen, ressort à 114 l pour les premiers contre 100 l pour les autres, et pour un tonnage de 460 t.

Des essais entrepris à ces trains, avec la voiture dynamomètre, montrèrent que la puissance moyenne nécessitée par leur remorque entre Paris et Rouen était de l'ordre de 950 ch pour une

Fig. 1

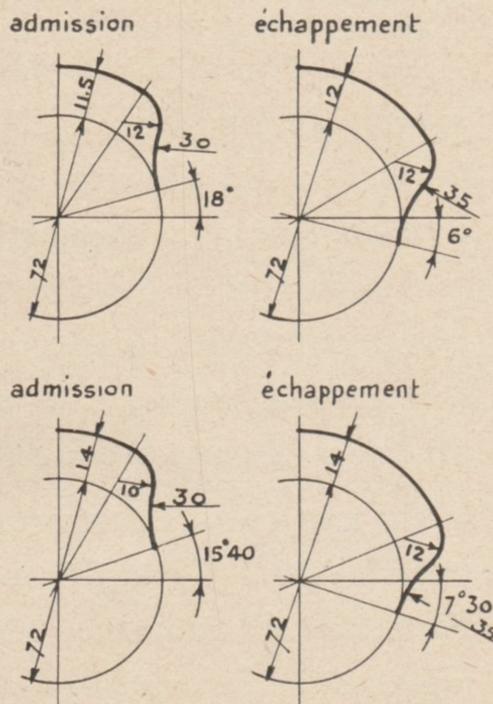
TABLEAU DES PHASES DE LA DISTRIBUTION ET DES LEVÉES DE SOUPAPES

CRANS D'ADMIS.	LEVÉE/	Ω DE		ADMIS.	DÉTENTE	AVANCE		ECHAP.	COMPRES.	AVANCE	
		PASSAGE ADMIS.	LEVÉE/			PASSAGE ECHAP.	A L'ECHAP.			A L'ADMIS.	
HP	13.5	7	77.5	23	260	13.5	23.5	63	63	23.5	13.5
	20	7.5	83	23.3	263	20	25	55	70	20.5	9.5
	30	8.75	97	23.6	267	30	24.5	45.5	77	17.5	5.5
	40	10.75	119	23.8	267	40	22	38	83.5	12.9	3.6
	50	13.3	147	24	267	50	20	30	87	10.6	2.4
	60	16.3	180	24	267	60	17.5	22.5	90.5	8	1.5
	70	18.7	204	24	267	70	13	17	93.5	5.4	1.1
	79.5	23	239	24	267	79.5	9.25	11.25	96	3.2	0.8
BP	11	5.3	74	25.8	360	11	20	69	69	20	11
	20	6.2	86.2	26	363	20	22.5	57.5	78	16	6
	30	8.1	113	26.5	370	30	22	48	84.5	11.9	3.6
	40	10.3	144	27	377	40	20	40	88.5	9.5	2
	50	13.4	187	27.6	385	50	17.5	32.5	91	7.5	1.5
	60	17.2	240	28	390	60	15.5	24.5	93.5	5.6	0.9
	70	21.8	320	28	390	70	11	19	95.8	3.6	0.6
	82	27.6	384	28	390	82	7	11	97	2.7	0.3

CAMES D'ORIGINE

TIGES DE SOUPAPES REGLÉES HP { admis.ⁿ + 18°
échapp.ⁿ - 6°
BP { admis.ⁿ + 15°40'
échapp.ⁿ - 7°30'

SCHEMA DES CAMES



Les autres machines modifiées reçurent toutes les améliorations de distribution et de sections de passage visées ci-dessus. En particulier, un certain nombre d'entre elles, effectivement 31, furent munies de distributions Dabeg aux cylindres HP et BP.

Ces dernières machines, une fois mises au point aux trains d'essai à vitesse constante, confirmèrent les résultats obtenus sur les autres Réseaux : accroissement important de la puissance et rendement accru aux fortes puissances et aux grandes vitesses.

Cependant, aux trains du service effectués sur

vitesse moyenne de 100 km/h, puissance relativement voisine des 75/100 de la puissance maximum des pacific D et des 40/100 de la puissance maximum des Pacific DD.

Ceci se traduisait par ce fait que les Pacific D travaillaient à un cran de marche HP de la coulisse Walchaerts plus grand que celui des Pacific DD et d'autant plus élevé que les sections

(1) On désigne ainsi les machines munies de la distribution Dabeg aux cylindres HP et BP.

(2) On désigne ainsi les machines munies de la distribution Dabeg uniquement aux cylindres BP.

de passage de vapeur des distributeurs HP étaient restées faibles : de ce fait, les Pacific D profitaient de meilleures phases de régulation que les Pacific DD aux cylindres HP.

On sait, en effet, que plus l'introduction est grande, moins l'influence néfaste de l'avance à l'échappement se fait sentir.

D'ailleurs, si on compare les phases de distribution des came d'origine des cylindres HP des Pacific DD, et du tiroir HP des Pacific D, on s'aperçoit que déjà, à cran égal, les phases des premières étaient moins bonnes.

La figure 1 donne le tableau des phases de la distribution Dabeg du cylindre HP des Pacific DD (avec les came d'origine)

réglette HP, par exemple, de la Pacific DD devait donc correspondre approximativement le cran 50 de la réglette HP de la Pacific D, pour lesquels les sections d'introduction sont sensiblement égales, les cylindres BP et leurs distributions étant, par ailleurs, les mêmes dans les deux cas. C'est ce que l'expérience a prouvé, comme nous l'avons indiqué plus haut.

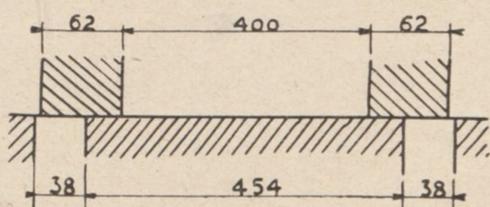
En comparant les phases de distribution des deux machines respectivement à ces deux crans (30 % et 50 %), on constate une détente un peu meilleure pour la Pacific D, une avance à l'échappement réduite de moitié et une avance à l'admission divisée presque par 4. Ceci pouvait expliquer a priori l'économie de la Pacific D par rapport à la Pacific DD

A la suite de cet examen préliminaire, il fut décidé d'entreprendre des essais méthodiques aux

Fig. 2

"PACIFIC" ORDINAIRE
PHASES DU TIROIR

CRANS D'ADMIS.	LEVÉE	Ω de PASSAGE ADMISSION	ADMIS.	DÉTENTE	AVANCE		ÉCHAP.	COMPRES.	AVANCE	
					A	L'ÉCHAP.			A	L'ADMIS.
11	7,5	44,6	11	34,5	54,5	54,5	34,5	11		
20	8,4	50	20	36,3	43,7	66	28,4	5,6		
30	10,5	62,4	30	35,5	34,5	73,7	23	3,3		
40	13,1	77,8	40	32	28	79,4	18,4	2,2		
50	16,9	100,5	50	27,5	22,5	84	14,55	1,45		
60	21,9	129,6	60	23	17	88	11	1		
70	29,25	174	70	17,5	12,5	91,25	8,15	0,6		
78	38	226	78	13	9	93,75	5,85	0,4		



1/2 Course du tiroir {
vers l'AR : 65
vers l'A : 66

- Course des pistons 650
- Diamètre des cylindres 420
- Course de la bielle d'excentrique 240
- Angle de calage 95°27
- Recouvrement intérieur 27
- Découvrement extérieur 3
- Course au point mort 69

et la figure 2 celui des phases du tiroir du cylindre HP des Pacific D.

On peut constater :

1° Qu'à cran égal, la Pacific D a une plus courte phase d'avance à l'échappement, ce qui se traduit par une plus longue détente, phase économique.

Par ailleurs, la phase d'avance à l'admission est plus courte pour les Pacific D. Si donc, on peut espérer que se réalise la compression optima dans le cas de la Pacific D, celle-ci correspondra à la moindre dépense.

2° Qu'à cran égal, la Pacific D a des sections de lumières plus faibles que les sections de passage de la soupape HP de la Pacific DD.

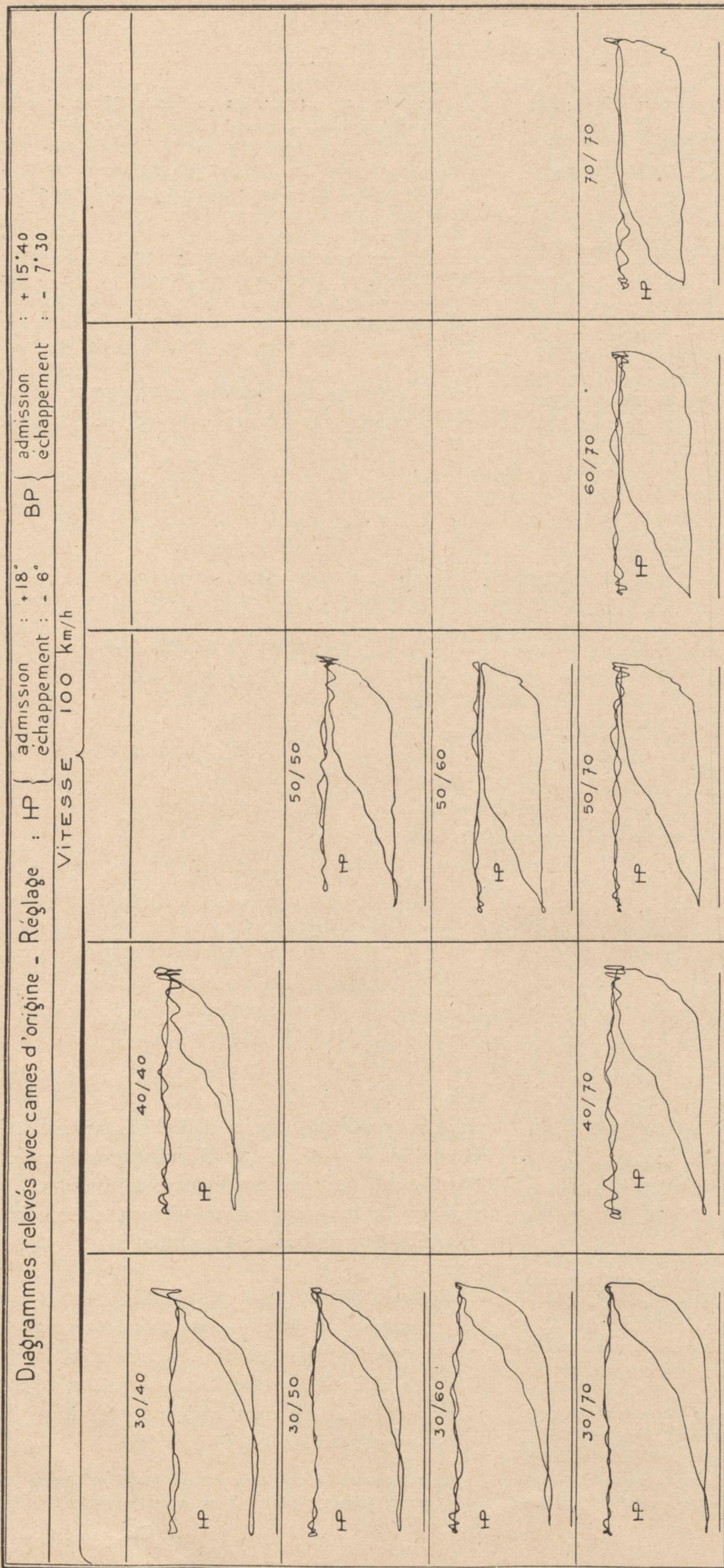
Il devait, a priori, résulter de ce dernier point qu'à puissance égale, le cran de marche de la réglette HP de la Pacific DD devait être plus raccourci que celui de la Pacific D : Ces machines ont en effet même timbre, mêmes diamètres des cylindres et des roues et même courses. Au cran 30 de la

locomotives-freins, en vue d'étudier la possibilité d'une amélioration de la consommation des Pacific DD aux puissances avoisinant 950 ch, à 100 km/h, tout en leur conservant, autant que possible, leur plafond de puissance.

Relevés des diagrammes d'indicateurs sur la machine d'origine. — Les diagrammes relevés sur les cylindres HP des Pacific DD à 80, 100 et 120 km/h avaient bien fait ressortir l'exagération de l'avance à l'échappement, même avec la marche BP allongée à 70 %.

Nous donnons, à titre d'exemple, sur la figure 3, quelques diagrammes relevés à 100 km/h aux crans de marche 30, 40,

Fig. 3



50 HP et à différents crans BP. On peut constater que, même à 50 % HP et à 70 % BP, le diagramme est trop pointu vers la gauche, indiquant ainsi une avance à l'échappement trop accentuée. — A remarquer, en passant, l'influence sur la valeur de l'avance à l'échappement du raccourcissement de la marche du BP.

A noter que la puissance réalisée aux crans de marche 30 HP 70 BP à 100 km/h était de 1100 ch environ, donc supérieure au chiffre de 950 ch envisagé plus haut.

On était donc amené à penser qu'à cette dernière puissance, le diagramme présenterait encore une moins bonne allure.

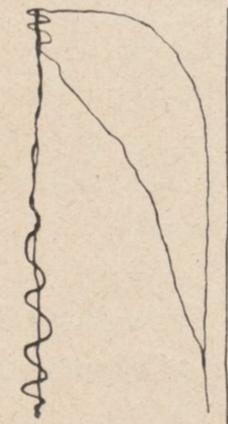
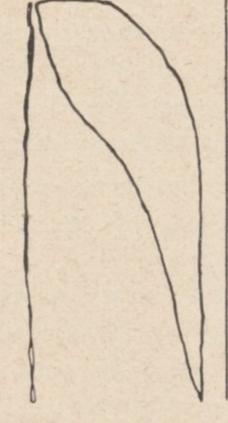
Étude des cames en vue de l'amélioration des diagrammes. — De la comparaison des phases des distributions HP des Pacific DD et D et des crans d'utilisation de ces machines aux trains considérés, il semblait possible de conclure que l'amélioration de la consommation des Pacific DD devait être recherchée :

1° dans la diminution de l'avance à l'échappement, en vue d'obtenir :

a) une meilleure détente,

b) une compression plus élevée permettant une diminution de l'avance à l'admission et corré-

Fig. 5
LOCOMOTIVE 231.516⁰⁰. ESSAIS AUX MACHINES FREINS A 100 Km/h ET 950^{ch} AU CROCHET

CAMES	HP d'origine réglées à { admission + 17° échappement - 6° BP d'origine réglées à { admission + 15°40' échappement - 7°30'	HP type Etat raides réglées à { admission + 20° échappement 0° BP d'origine réglées à { admission + 15°40' échappement - 7°30'	HP type Etat douces réglées à { admission + 20° échappement 0° BP d'origine réglées à { admission + 15°40' échappement - 7°30'	HP type Etat douces réglées à { admission + 20° échappement 0° BP type Etat réglées à { admission + 12°40' échappement - 3°
Diagrammes HP } BP }				
Puissances moyennes au crochet	958 ch	978 ch	960 ch	994 ch
Consommation d'eau au ch/h	10,9 kg/ch/h	10,48 kg/ch/h	10,36 kg/ch/h	9,89 kg/ch/h
Consommation de charbon au ch/h	1,7 kg/ch/h	1,51 kg/ch/h	1,43 kg/ch/h	1,39 kg/ch/h
Economies par rapport aux cames d'origine		3,8 % 12 %	5,85 % 16 %	9,25 % 18,3 %

Enfin, les cames HP admises sont celles que représente la figure 4.

La comparaison des profils de la figure 4 et de la figure 1 fait ressortir que les cames d'admission sont plus douces par suite du remplacement du rayon de 12 par un de 15 à la came d'admission.

En ce qui concerne les cames d'échappement, le profil a été étudié en vue d'une évacuation rapide, aussi les rayons de 35 et de 12 ont-ils été remplacés par des rayons de 30 et de 9 respectivement.

Quant aux phases elles-mêmes, on peut constater l'amélioration obtenue en comparant la détente, l'avance à l'échappement, la compression et l'avance à l'admission de la figure 4 et de la figure 1.

Par exemple, au cran de marche 30, on a : pour
 la détente, maintenant 41,7 % contre 24,5 % auparavant,
 l'avance à l'échappement 28,3 % contre 45,5 »
 la compression 26,6 % contre 17,5 »
 l'avance à l'admission 1,70 % contre 5,5 »
 la section de passage à l'admission 69 cm² contre 97 »

On peut constater aussi que ces phases sont meilleures que celles du tiroir, données par la figure 2.

Les cames HP ayant été déterminées, nous avons examiné la possibilité d'une amélioration des cames BP, en vue d'obtenir, pour la marche à 70 % de la BP, un remplissage parfait des espaces morts.

Après divers essais, les cames BP définitivement adoptées furent celles de la figure 4.

La comparaison des cames montre que les cames d'admission BP nouvelles ont un recouvrement plus faible : 12°40 (Fig. 4) au lieu de 15°40 (Fig. 1) et que les cames d'échappement ont un décalage plus faible : 3° (Fig. 4) au lieu de 7°30 (Fig. 1).

La comparaison des phases fait ressortir que les nouvelles cames BP donnent une compression plus forte que les anciennes.

Résultats des essais aux machines-freins

Comme nous l'avons dit plus haut, les essais ont été effectués à 100 km/h et à une puissance de 950 ch au crochet environ.

La figure 5 donne les résultats obtenus en comparant les cames HP et BP d'origine avec d'autres cames de réglages différents et finalement avec les cames définitivement adoptées pour le HP et le BP. — On peut constater l'amélioration successive des diagrammes aussi bien HP que BP et l'amélioration de la consommation d'eau et de celle du charbon, qui atteint finalement 18 %.

Essais des trains du service

1° En vue de vérifier que la nouvelle distribution était susceptible de donner des économies appréciables en service, des essais furent entrepris sur la ligne du Havre aux trains 103 et 112, avec les cames d'origine et avec les cames HP et BP type État, avec la locomotive 231 516 DD. Les essais furent effectués avec la même équipe et en utilisant le même charbon.

Les essais portèrent sur 21 trains, dont 13 avec les cames État et 8 avec les cames d'origine. Les tonnages ont varié de 386 t à 522 t ; le travail au crochet de 2 158 à 2 363 ch/h, la puissance moyenne au crochet de 869 à 1 016 ch, la vitesse moyenne de 89,2 à 91,9 km/h, le temps de parcours réel de 2 h 28 mn 55 s à 2 h 33 mn 12 s.

Étant donnée la variation des tonnages, nous rapporterons les consommations au cheval-heure au crochet.

Aux trains 103 (au nombre de 10)

avec les cames État :

les consommations de charbon et d'eau furent comprises respectivement entre..... } 1,26 et 1,45
 9,75 et 11,2

avec les cames d'origine :

pour le charbon, entre..... 1,49 et 1,68
 pour l'eau, entre..... 11,2 et 11,8

Ces écarts proviennent, en particulier, des différences dans le nombre et l'importance des ralentissements rencontrés, s'étendant, au total, de 3 mn 3 s à 7 mn 16 s.

Les moyennes de consommations s'établirent ainsi :

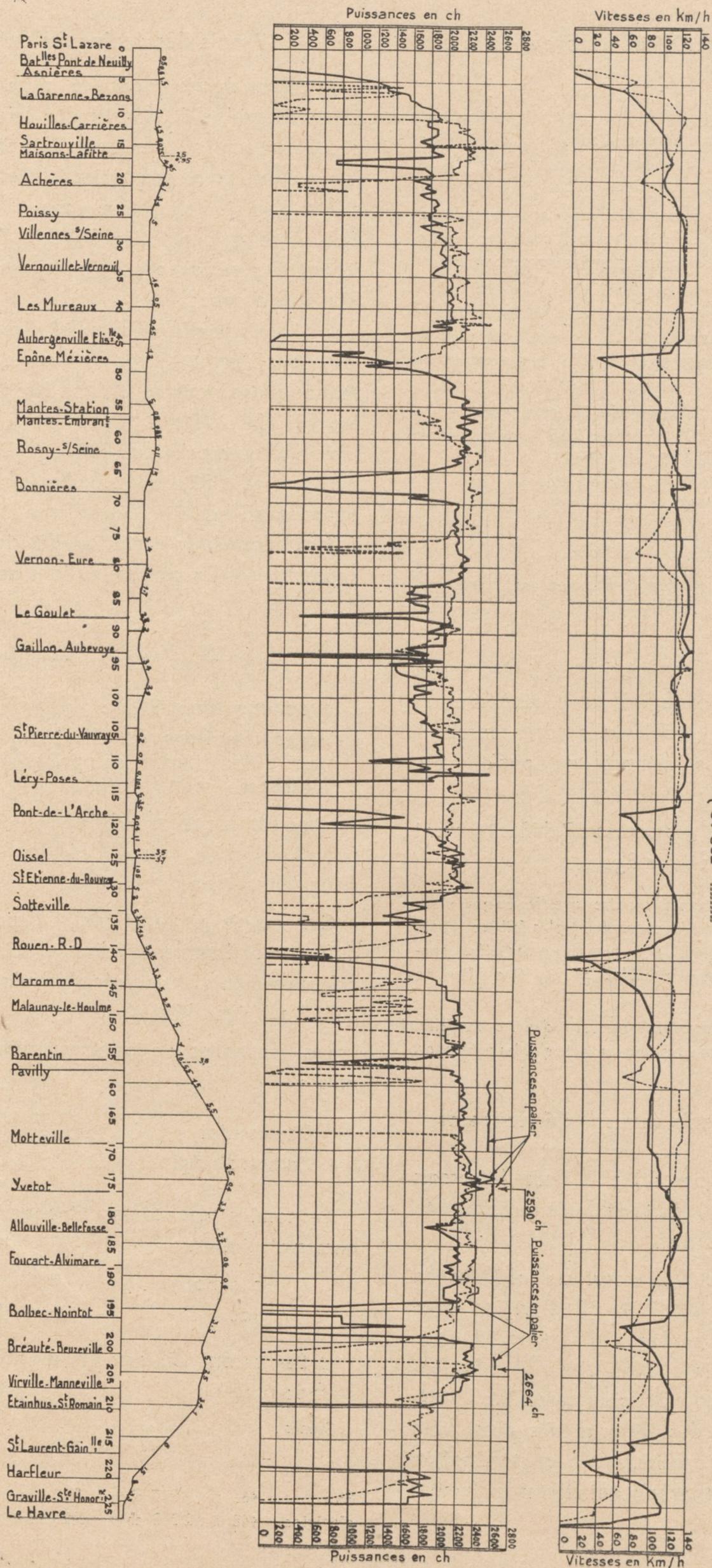
	Charbon	Eau
Cames État.....	1,36	10,4
Cames d'origine.....	1,58	11,50

Economies des cames État par rapport aux cames d'origine :

charbon.....	14 %
eau.....	9,6 %

2 des trains 103 ont été de plus tout à fait comparables :

Cames :	Tonnages	Chevaux heure	Temps réel	Ralentissements	Vitesse moyenne
État.....	463 t	2 357 ch/h	2h30mn11s	4mn4s	91,4 km/h
d'origine.	468 t	2 363 ch/h	2h29mn5s	4mn6s	91,9 km/h



Les consommations totales de charbon et d'eau furent respectivement les suivantes :

Cames État.....	2 995 kg	24 135 l.
Cames d'origine..	<u>3 582 kg</u>	<u>26 452 l.</u>

Economies en faveur des cames État..... 16,4 % 8,8 %

En ce qui concerne les trains 112, la comparaison ne peut être considérée comme certaine, parce que, sur les 2 trains 112 effectués avec les cames d'origine, un seul a pu être retenu, un ralentissement de 18 mn sur signaux ayant obligé à éliminer le second.

A titre de renseignements, nous donnerons tout de même les résultats obtenus aux trains 112 :

	Charbon	Eau
Cames État.....	1,43	10,65
Cames d'origine....	<u>1,67</u>	<u>11,7 (1 seul train)</u>

Economies en faveur des cames Etat..... 14,2 % 9 %

Tous les résultats indiqués ci-dessus confirment bien ceux donnés par la méthode d'essais aux machines-freins.

2° Dans le but de vérifier que la machine 231.516 DD ainsi modifiée n'avait pas perdu les possibilités d'accélération et de puissance qu'elle possédait auparavant, l'essai d'un train de 700 tonnes à marche accélérée S 581 et S 582 entre Paris et Le Havre fut décidé.

A ce propos, il est bon de rappeler que le timbre de cette Pacific DD est toujours de 16 kg et qu'aucun siphon Nicholson, ni aucun tube d'eau ne contribue à la vaporisation.

Le train d'aller S 581 fut effectué entre Clichy et Le Havre, avec arrêt à Rouen.

Temps de parcours et vitesses moyennes (arrêt à Rouen et ralentissements déduits) :

Clichy-Rouen.....	1 h 13 mn 38 s	111 km/h
Rouen-Le Havre.....	54 mn	98,5 km/h
Clichy-Le Havre.....	2 h 7 mn 38 s	105,5 km/h

La montée de Motteville (rampe de 5,5) au départ de Rouen fut réalisée dans de bonnes conditions :

vitesse : 106 km/h avant le ralentissement de Barentin
96 km/h à Motteville.

Puissance moyenne au crochet ramenée en palier : 2 450 ch.

Le train de retour S 582 fut effectué entre Gravelle et La Garenne.

Temps de parcours et vitesses moyennes (arrêt à Rouen et ralentissements déduits) :

Gravelle-Rouen.....	56 mn 25 s	91 km/h
Rouen-La Garenne.....	1 h 9 mn 25 s	115 km/h
Gravelle-La Garenne.....	2 h 5 mn 50 s	105 km/h

La montée d'Etainhus (rampe de 8) au départ de Gravelle fut effectuée à 65,5 km/h.

De nombreuses sections du parcours furent réalisées avec des puissances soutenues de 2 500 ch au crochet.

Malgré de nombreux ralentissements à 100, 80, 70 et même à 30 km/h, la consommation d'eau au km atteint seulement 150 l au S 581 et 153,5 l au S 582.

La figure 6 donne, avec le profil de la ligne, les diagrammes des vitesses et des puissances au crochet à régulateur ouvert réalisées avec les 2 trains.

CONCLUSIONS

Pour permettre aux locomotives de bien courir à faible introduction, on a toujours cherché à réduire autant que possible la compression et par suite on a été amené à sacrifier la détente, phase économique, au profit de l'avance à l'échappement. Par ailleurs, étant donné que les phases sont liées et que la distribution Walchaerts impose une avance linéaire constante, on a dû accepter pour l'avance à l'admission une valeur trop élevée pour les faibles crans de marche.

Dans la distribution Dabeg de la 231.516 DD, grâce à l'augmentation du recouvrement à l'admission, à la diminution du découvrement à l'échappement et à l'adoption d'un profil convenable pour les cames, nous avons pu améliorer la détente, remplir les espaces morts sans dépense excessive de vapeur et faire travailler le coulisseau beaucoup plus loin de l'axe d'oscillation de la coulisse.

C'est cet ensemble de modifications qui nous a permis d'améliorer la consommation des Pacific DD aux puissances voisines du tiers de la puissance maxima.