

## ESSAIS

DES

LOCOMOTIVES PACIFIC COMPOUND A SURCHAUFFE  
DE LA COMPAGNIE D'ORLÉANS

Par M. Paul CONTE,

INGÉNIEUR DU MATÉRIEL DE LA COMPAGNIE D'ORLÉANS.

Dans sa Note sur « les dernières locomotives puissantes de la Compagnie d'Orléans » parue dans le N<sup>o</sup> de Mars 1909 de la *Revue Générale*, M. Théodore Laurent a exposé les raisons qui ont conduit la Compagnie d'Orléans à créer de nouveaux types de locomotives de grande puissance ; il a donné également leurs caractéristiques ainsi que les résultats des essais faits sur les premières locomotives Pacific Compound sans surchauffe. Le programme de constructions qu'il avait indiqué a été rempli dans les premiers mois de 1910 et depuis un an et demi environ la Compagnie d'Orléans dispose de 30 locomotives Decapod » et 150 « Pacific » dont 50 à roues de 1<sup>m</sup>,950 (type 3500) et 100 à roues de 1<sup>m</sup>,850 (type 4500) : Les 30 dernières Pacific de chacun des 2 types ont été munies du surchauffeur Schmidt ; elles se sont très bien comportées en service et en particulier leur consommation de charbon a été nettement inférieure à celle des machines de même type non pourvues de surchauffeur. En vue de préciser l'économie résultant de l'application simultanée de la surchauffe et du compoundage, des essais méthodiques ont été entrepris sur la locomotive 3545 du dépôt de Tours, et la présente note a pour objet d'en exposer les résultats.

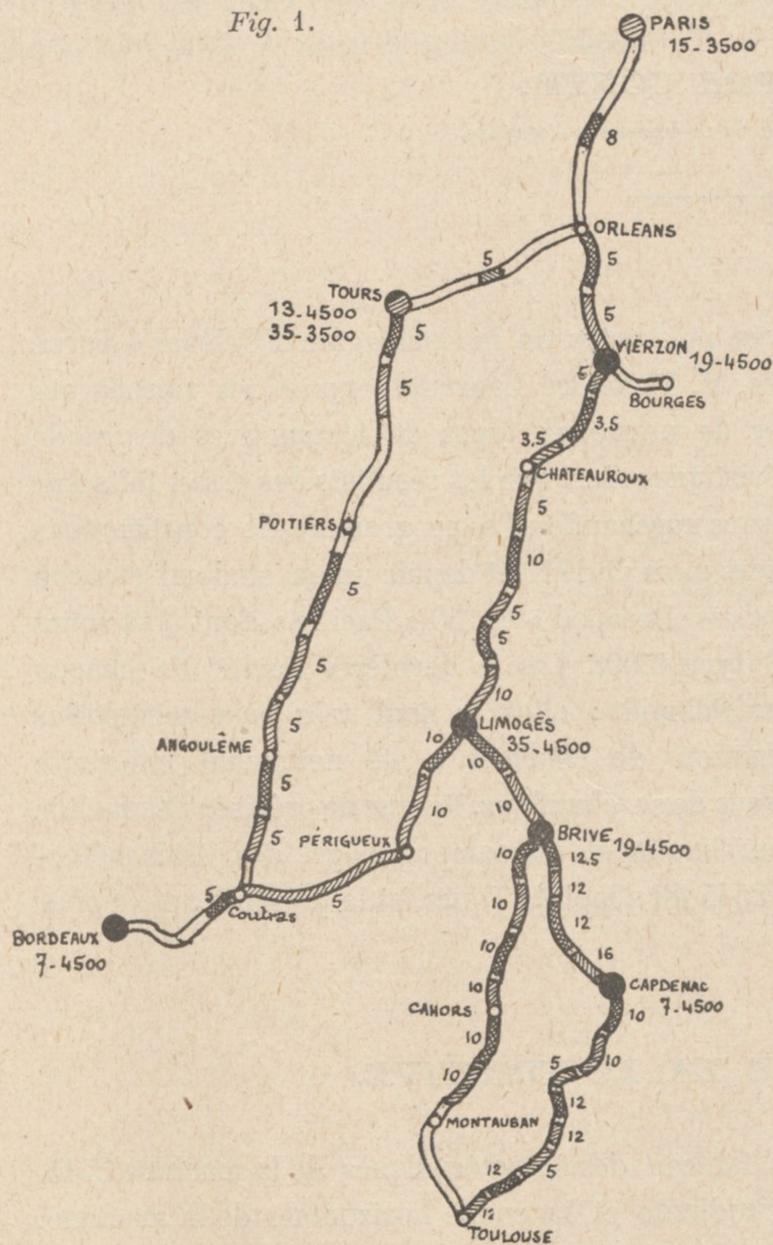
## DESCRIPTION DE LA LOCOMOTIVE.

On trouvera dans la note de M. Laurent le tableau des caractéristiques de la machine 3545, ainsi qu'une planche donnant la coupe longitudinale et la coupe horizontale de la machine, nous renvoyons également à cette note pour les descriptions de la forme particulière du foyer, ce foyer étant resté identique à celui des premières machines Pacific 4500. Nous ajouterons à ce propos que ce type de foyer nous a toujours donné *toute satisfaction* depuis bientôt 4 ans 1/2 que les premières machines, qui en étaient pourvues, ont été mises en service. Nous nous

bornerons donc à rappeler sommairement les quelques renseignements essentiels qui caractérisent ces machines.

Timbre .....	16 <sup>kg</sup> ?	Diamètre des roues motrices.....	1 <sup>m</sup> ,950	
Surface de grille.....	4 <sup>mq</sup> ,27	Diamètre des roues porteuses AR...	1 <sup>m</sup> ,150	
Surface de chauffe du foyer.....	15 <sup>mq</sup> ,37	Diamètre des roues du bogie.....	0 <sup>m</sup> ,970	
Surface de chauffe des tubes (intérieurement).....	195 <sup>mq</sup> ,60	Poids en charge. {	1 <sup>er</sup> essieu du bogie.....	11.600 <sup>k</sup>
Surface de surchauffe (extérieurement).....	63 <sup>mq</sup> ,50		2 <sup>e</sup> essieu du bogie.....	11.600 <sup>k</sup>
Longueur des tubes .....	5 <sup>m</sup> ,900		1 <sup>er</sup> essieu accouplé.....	17.650 <sup>k</sup>
Diamètre des cylindres HP .....	0 <sup>m</sup> ,420		2 <sup>e</sup> essieu accouplé.....	17.650 <sup>k</sup>
Diamètre des cylindres BP.....	0 <sup>m</sup> ,640		3 <sup>e</sup> essieu accouplé.....	17.650 <sup>k</sup>
Course des pistons.....	0 <sup>m</sup> ,650	Essieu porteur AR.....	16.650 <sup>k</sup>	
Rapport des volumes des cylindres.	2,322	Total.....	92.800 <sup>k</sup>	
		Poids du tender en charge.....	46.350 <sup>k</sup>	

Fig. 1.



- Point d'attache des M<sup>nos</sup> 3500
- Point d'attache des M<sup>nos</sup> 4500

**Essais.** — Nous donnons ci-contre (Fig. 1) un schéma qui permet de se rendre compte de la répartition des 150 locomotives Pacific sur le réseau d'Orléans et qui indique en même temps les lignes sur lesquelles elles circulent avec les rampes importantes qu'elles comportent. Comme on peut le voir sur ce schéma, les machines à grandes roues, type 3500, sont concentrées à Paris et à Tours et assurent le service des express et des rapides sur la ligne de Paris à Bordeaux. La distance de Paris-Austerlitz à Bordeaux (583 km.) est franchie en deux étapes: Paris-Tours (233 km.) et Tours-Bordeaux (350 km.).

Les trains les plus difficiles du service sont les trains 7 et 34 (rapide de jour sur Bordeaux et Nantes à vitesse nominale de 90 kilomètres) particulièrement sur la section Paris-Tours où les 2 rames de Bordeaux et de Nantes sont réunies en un même train. Pour ce trajet qui ne comporte qu'un arrêt aux Aubrais, il est alloué 162 minutes de temps de marche ce qui, pour 233 km., représente une vitesse moyenne de 87 km, 5 à l'heure sans défalcation du temps nécessaire à la prise de vitesse et à l'arrêt ainsi qu'au ralentissement à 60 km. dans la traversée

de la gare de Juvisy. Le tonnage moyen du train 7 a été en Juin 1911 de 342 tonnes. Les trains les plus difficiles après les trains 7 et 34 sont les trains 101 et 100 dits Sud-Express, de vitesse nominale de 95 kilomètres, mais dont le tonnage est beaucoup moindre (231 tonnes en Juin 1911). Il est alloué pour ces trains de Paris-Austerlitz à St-Pierre-des-Corps 153 minutes, ce qui représente une vitesse moyenne de 92 km,5 à l'heure avec les conditions que nous avons indiquées plus haut pour le train 7.

On s'est attaché dans les trains d'essais à remorquer, sur le parcours Paris-St-Pierre-des-Corps, le tonnage maximum possible dans des temps encadrant le temps alloué pour le train 7 afin de déterminer quelle était la réserve de puissance de la machine pour parer à l'accroissement futur du tonnage de ce train. Les trains ont été remorqués dans les conditions ordinaires du service, quelquefois même dans des conditions moins bonnes, comme on pourra le remarquer en parcourant la colonne des incidents de route (Tableau I) où figurent de nombreux ralentissements (au moins 1 par essai) et des arrêts inopinés, c'est ce qui explique que les vitesses moyennes dans le parcours entier de la section (colonne 6 du Tableau I), ne soient pas exceptionnellement élevées. Pour calculer la vitesse moyenne de chaque essai on a en effet divisé par la distance parcourue (230 km.) le temps employé à la parcourir en ne défalquant absolument que les temps pendant lesquels le train était effectivement arrêté. On n'a donc pas défalqué les temps de freinage, de reprise de vitesse ou de ralentissement. On trouvera d'ailleurs dans le Tableau III des renseignements intéressants sur la puissance développée par la machine à pleine marche entre des points assez éloignés. Il s'agit donc d'essais correspondant à la pratique normale du service sur la distance considérable de 230 kilomètres et non d'essais spéciaux de vitesse sur de courtes distances.

**Procédés de mesures employés.** — On a relevé au cours des essais les renseignements suivants :

1° La température de la vapeur surchauffée, à l'aide d'un pyromètre Fournier placé sur le tuyau d'arrivée de vapeur au cylindre HP droit, quelques centimètres avant l'entrée dans la boîte à tiroir ;

2° La température de la vapeur d'échappement des cylindres HP, à l'aide d'un pyromètre Fournier placé sur le tuyau d'échappement du cylindre HP droit ;

3° La consommation d'eau : Pour cela, on notait au départ la hauteur de l'eau dans le tender et dans la chaudière et on relevait la hauteur de l'eau dans le tender avant et après la prise d'eau intermédiaire et à l'arrivée, après avoir au préalable rétabli le niveau et la pression dans la chaudière. On notait également le nombre d'amorçages des injecteurs et des prises d'arrosage du combustible et on défalquait chaque fois 10 litres. La quantité d'eau ainsi déduite a varié de 220 litres à 400 litres ;

4° La consommation de charbon : Le charbon employé était un mélange de :

- 60 % de gailletterie d'Aniche ;
- 40 % de briquette d'Aniche,

donnant 8.400 calories et ne laissant que 5,6 % de cendres, c'était donc un combustible de choix. Ce charbon était cassé au dépôt, mis en sacs et chargé ensuite sur le tender. Le Chef mécanicien chargé de la conduite de la machine notait aussitôt après l'allumage :

Le poids de charbon employé à monter le feu jusqu'au départ (environ 700 k.) ..... a k<sup>os</sup>

Le poids de charbon consommé pendant l'essai.....  $b \text{ k}^{\text{os}}$   
 La quantité de charbon restant au feu à l'arrivée .....  $c \text{ k}^{\text{os}}$

La consommation de charbon pendant l'essai était prise égale à  $a + b - c$ . Comme c'est sur l'évaluation de  $c$  (environ 200 kg.) qu'on peut faire l'erreur la plus importante, on a dans plusieurs essais basculé complètement à l'arrivée et pesé le combustible restant pour vérifier les estimations du chef mécanicien ; les quelques vérifications faites ont permis de constater que l'erreur d'appréciation ne pouvait dépasser 100 kg. ;

5° Le travail total au crochet du tender qui est enregistré par le wagon dynamomètre. On en déduisait le travail total à la jante en ajoutant à ce travail, le travail nécessaire à la propulsion de la machine et du tender calculé d'après la méthode en usage à la Compagnie d'Orléans et dont nous avons exposé le principe dans l'Annexe de notre Note sur « Les Nouvelles Locomotives Compound de la Compagnie d'Orléans » parue dans le N° de Juillet 1904 de la *Revue Générale*. On a fait à cette méthode le reproche de n'être pas rigoureusement exacte puisqu'elle suppose en principe que la résistance de la machine en mouvement est la même sous vapeur qu'à régulateur fermé ; mais la différence est très faible et de l'ordre des erreurs d'expérience. Nous avons pu le constater, d'une part, par l'homogénéité des résultats obtenus avec les machines les plus différentes et, d'autre part, nous en avons eu confirmation en comparant les résultats obtenus par cette méthode avec ceux obtenus au laboratoire d'Altoona par le Pennsylvania Railroad où les essais sont faits avec des appareils de mesure de grande précision. En particulier, le Pennsylvania Railroad a fait à Altoona l'essai d'une Pacific Compound à 4 cylindres du New York Central et les consommations de vapeur par *cheval effectif* ont été exactement les mêmes que celles calculées par nous et indiquées dans la note précitée lors des essais avec la machine Atlantic Compound à 4 cylindres de la Compagnie d'Orléans (1).

A l'aide de ces éléments et des relevés du wagon dynamomètre, nous avons ensuite déterminé :

- a) La vitesse moyenne du train calculée comme nous l'avons dit plus haut.
- b) La quantité d'eau dépensée par cheval-heure effectif à la jante des roues motrices.
- c) La quantité de charbon dépensée par cheval-heure effectif à la jante des roues motrices.
- d) La vaporisation par kilogramme de combustible brut.
- e) La consommation horaire par mètre carré de grille.
- f) La dépense de charbon brut par 100 tonnes kilométriques y compris la locomotive et le tender. (Cette dépense sert de base au calcul des primes des mécaniciens sur le réseau d'Orléans).
- g) La dépense de charbon brut par kilomètre de train.
- h) La résistance au roulement par tonne du train. Cette résistance moyenne est obtenue en divisant le travail total au crochet du tender, après défalcation du travail de la gravité et de l'accélération, par la distance parcourue.

**Historique des essais.** — Avant de procéder aux essais définitifs, nous avons commencé par prendre des diagrammes à des trains du service régulier remorqués par la machine 3545.

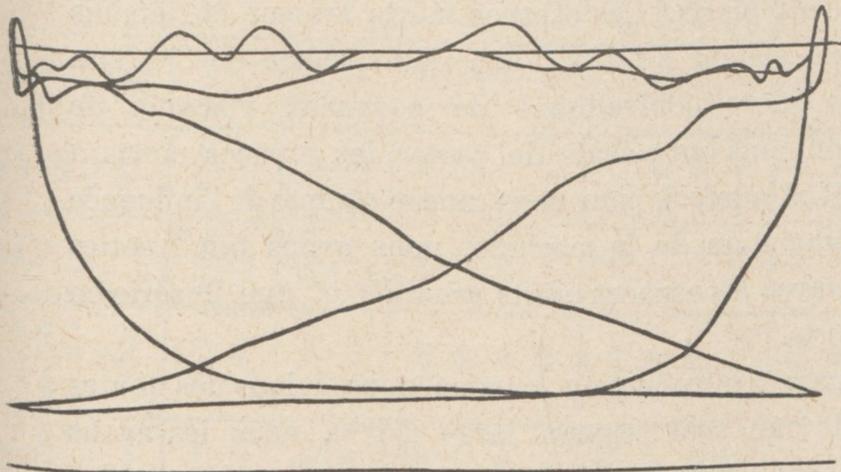
---

(1) Le wagon dynamomètre de la Compagnie d'Orléans ayant été muni d'un ergomètre Amsler, on pourra désormais à l'aide de cet appareil mesurer directement la résistance de la machine et du tender à régulateur fermé.

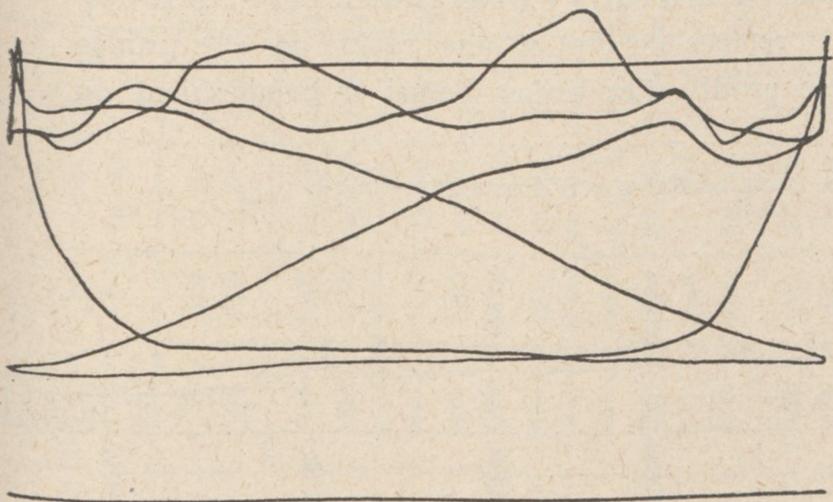
Fig. 2.

Loc<sup>re</sup> 17: 3545.

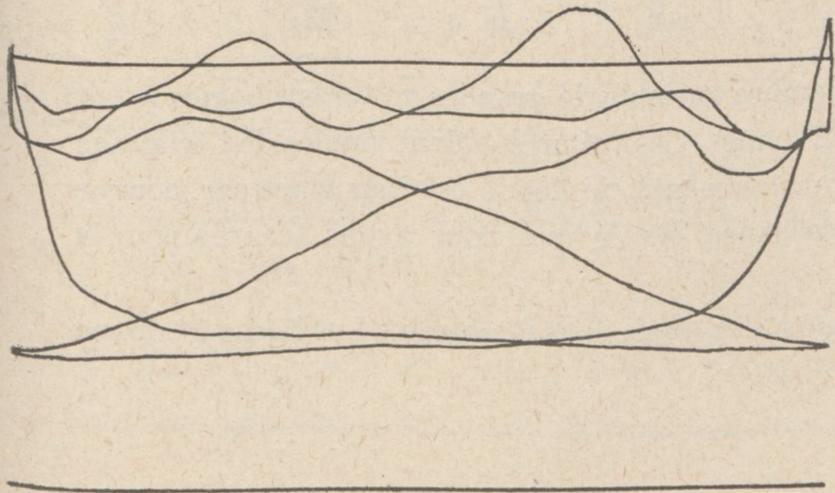
Diagrammes HP avec espaces morts primitifs.



Vitesse : 75<sup>km</sup>  
Admission : 40/65  
Ouv<sup>re</sup> Regul<sup>er</sup> : 10/10  
Échappement : 6/10  
Date : 30-3-11



Vitesse : 90<sup>km</sup>  
Admission : 60/60  
Ouv<sup>re</sup> Regul<sup>er</sup> : 10/10  
Échappement : 7/10  
Date : 30-3-11.



Vitesse : 100<sup>km</sup>  
Admission : 60/60  
Ouv<sup>re</sup> Regul<sup>er</sup> : 10/10  
Échappement : 7/10  
Date : 30-3-11.

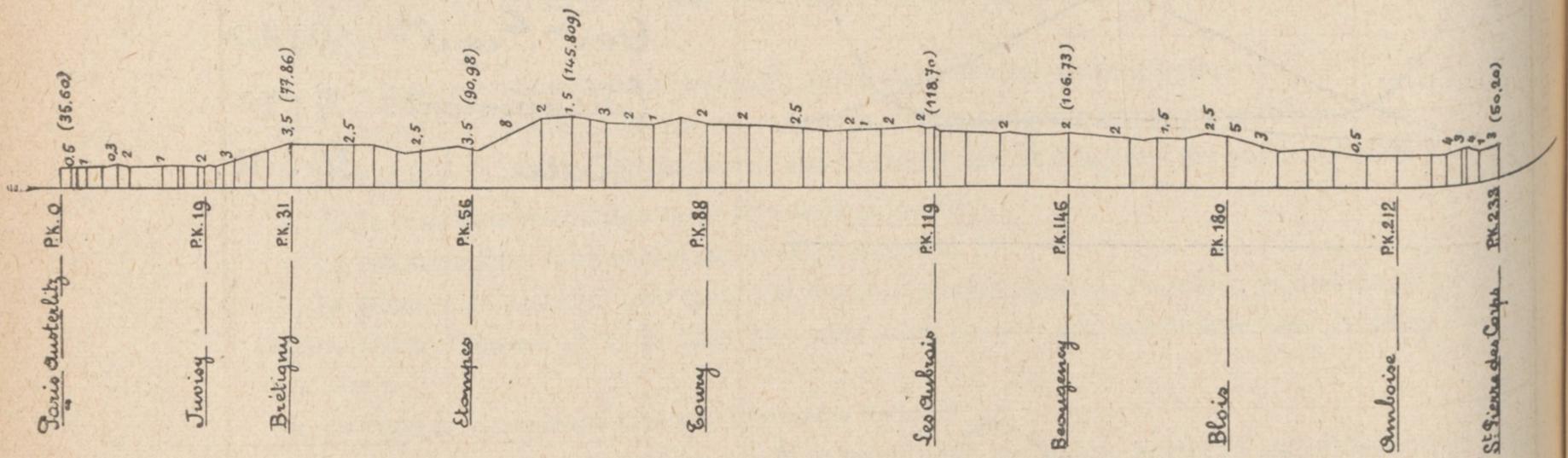
Les diagrammes relevés étaient très satisfaisants pour les cylindres BP, mais ceux des cylindres HP présentaient d'une part une boucle très accentuée pendant la période de la compression et d'autre part indiquaient un laminage exagéré à l'admission (Fig. 2).

En ce qui concerne la boucle à la compression, nous l'avons d'abord attribuée à un découverturement insuffisant à l'échappement des tiroirs cylindriques qui avaient été établis dans les conditions ordinaires de nos machines Compound à vapeur saturée. Nous avons donc augmenté ce découverturement jusqu'à faire apparaître une boucle sur le bas du diagramme pendant la période d'avance à l'évacuation, mais la boucle à la compression restait toujours la même; elle provenait donc d'une insuffisance des espaces morts. Ces espaces morts avaient été établis d'après les indications de M. Schmidt; ils étaient de 13%, supérieurs même de 3% aux indications de M. Schmidt. Nous avons alors confectionné de nouveaux plateaux de cylindres avec espaces morts additionnels qui nous ont permis de porter les espaces morts à 21% pour le fond A et 19% pour le fond R. Toutefois, pour nous rendre compte de l'influence des espaces morts agrandis sur la consommation de la machine, nous avons fait 2 séries d'essais : une série de 8 essais en Juin 1911 avec les espaces morts primitifs et une 2<sup>e</sup> série en Octobre 1911 avec les nouveaux espaces morts.

D'autre part, en ce qui concerne le laminage à introduction, comme nous avons des doutes sur l'étanchéité des tiroirs système Schmidt à un seul segment large (64mm), nous les avons remplacés par des tiroirs type Est à 2 segments courts (15mm) en prenant la précaution de bien dégager les lèvres des pistons tiroirs de façon que la régulation fût effectivement faite par les arêtes de segments.

**Résultats des essais.** — Les essais ont eu lieu entre Paris-Austerlitz et St-Pierre-des-Corps (230 km.), section qui comporte des rampes de 5mm et une rampe de 8mm (rampe d'Etampes), nous en donnons (fig. 3) le profil. Les trains d'essai se composaient du

Fig. 3. — PROFIL EN LONG DE LA LIGNE DE PARIS A ST-PIERRE-DES-CORPS.



wagon dynamomètre (17 tonnes) et d'un nombre variable de grandes voitures à bogies à 2 et à 3 essieux dont les poids variaient de 40 à 52 tonnes. Ces voitures étaient munies de l'éclairage électrique Stone et les dynamos débitaient constamment. Ce détail est important car, comme nous le verrons plus loin, il explique la résistance élevée que nous avons trouvée pour la remorque du train.

Nous avons condensé les résultats principaux des essais dans 2 tableaux I et II. Le 1<sup>er</sup> donne

(TABLEAU I).  
TABLEAU DES RÉSULTATS DES ESSAIS

(TABLEAU I).

TABLEAU DES RÉSULTATS DES ESSAIS

N° de l'essai.	DATE	Tonnage		Temps DE MARCHÉ arrêts déduits		Vitesse moyenne de marche	Travail moyen en chevaux-vapeur au crochet de traction	Travail en chevaux-vapeur nécessaire pour la propulsion de la Locomotive et du tender	Travail moyen en chevaux-vapeur à la jante	Quantité d'eau totale vaporisée	Quantité d'eau dépensée par cheval-vapeur à la jante	QUANTITÉ DE CHARBON BRÛLÉ			Quantité d'eau vaporisée par kilo de charbon	DÉPENSE DE CHARBON		Effort moyen au crochet du tender par tonne de voiture	INCIDENTS DE ROUTE
		du train	du tender	Mi-nutes	Se-condes							par cheval-vapeur à la jante	par m <sup>2</sup> de grille-heure	par 100 km		par kilo-mètre			
1	12-6-11	506,5		181'	25"	75,7	766	367	1133	27,200	7,93	3.700 <sup>k</sup>	1,079	287 <sup>k</sup>	7,35	2,51	16,15	5,39	1 ralentissement, 2 arrêts inopinés de 3' de 3'
2	13-6-11	506,5		171'	29"	80,0	829	403	1232	30,300	8,60	3.800	1,078	312	7,97	2,57	16,58	5,50	1 ralentissement, de 3'
3	14-6-11	557,5		171'	20"	80,2	988	419	1407	33,500	8,33	4.350	1,082	357	7,70	2,73	18,95	5,97	3 ralentissements de 3'
4	15-6-11	557,5		175'	25"	78,8	944	404	1348	33,350	8,46	4.150	1,053	332	8,04	2,59	18,05	5,80	2 ralentissements, 3 arrêts inopinés de 3'
5	16-6-11	401,5		144'	39"	95,6	978	617	1595	31,050	8,07	4.400	1,146	438	7,06	3,55	19,13	6,87	1 ralentissement de 3'
6	17-6-11	401,5		154'	35"	89,5	845	550	1395	30,500	8,48	4.400	1,223	401	6,93	3,55	19,13	6,86	3 ralentissements, 1 arrêt inopiné de 3'
7	19-6-11	401,5		151'	39"	90,4	900	575	1475	33,977	9,12	4.550	1,219	423	7,49	3,70	19,95	6,72	1 ralentissement, 2 arrêts inopinés de 3'
8	20-6-11	401,5		161'	12"	85,8	850	390	1240	28,042	8,41	3.300	0,990	288	8,49	2,66	14,35	6,53	3 ralentissements de 3'
9	16-10-11	426,5		152'	13"	90,7	932	553	1485	31,516	8,36	4.500	1,195	416	7,00	3,46	19,56	6,47	2 ralentissements, 1 arrêt inopiné de 3'
10	17-10-11	426,5		151'	03"	91,5	945	515	1460	32,466	8,82	4.700	1,275	437	6,91	3,62	20,43	6,30	2 ralentissements de 3'
11	18-10-11	426,5		151'	54"	90,9	903	547	1450	31,267	8,56	4.550	1,237	421	6,80	3,50	19,78	6,29	3 ralentissements de 3'
12	19-10-11	426,5		151'	18"	91,2	965	558	1523	33,140	8,59	4.925	1,282	457	6,73	3,79	21,41	6,70	2 ralentissements, 1 arrêt inopiné de 3'
13	20-10-11	366,5		151'	47"	90,9	890	557	1447	31,167	8,51	4.550	1,241	421	6,85	3,91	19,78	7,21	2 ralentissements de 3'
14	21-10-11	366,5		144'	01"	95,9	905	623	1528	30,606	8,33	4.500	1,225	439	6,80	3,87	19,56	6,94	2 ralentissements de 3'

(TABLEAU II).

TABLEAU DES RÉSULTATS MOYENS DES ESSAIS

Nombre d'essais	Tonnage	Temps DE MARCHÉ arrêts déduits		Vitesse moyenne de marche	Travail moyen en chevaux-vapeur au crochet de traction pour tout le parcours	Travail en chevaux-vapeur nécessaire pour la propulsion de la Locomotive et du tender	Travail moyen en chevaux-vapeur à la jante	Quantité d'eau totale vaporisée	Quantité d'eau dépensée par cheval-vapeur à la jante	QUANTITÉ DE CHARBON BRÛLÉ			Quantité d'eau vaporisée par kilo de charbon	DÉPENSE DE CHARBON		Effort moyen au crochet du tender par tonne de voiture	DÉPENSE par 1000 kgm de travail à la jante	
		Mi-nutes	Se-condes							totale	par cheval-vapeur à la jante	par m <sup>2</sup> de grille-heure		par 100 km	par kilo-mètre		Eau	Charbon
2	506,5	176'	27"	77,8	797	385	1182	28.750	8,265	3.750 <sup>k</sup>	1,0785	299 <sup>k</sup>	7,66	2,540	16,360	5,45	0,03060	0,00399
2	557,5	173'	22"	79,5	966	411	1377	33.425	8,395	4.250	1,0675	344	7,87	2,660	18,500	5,88	0,03110	0,00395
4	401,5	153'	01"	90,3	893	533	1426	30.892	8,520	4.162	1,1445	387	7,49	3,365	18,140	6,62	0,03180	0,00427
4	426,5	151'	37"	91,1	936	544	1480	32.097	8,582	4.669	1,2472	433	6,86	3,593	20,295	6,44	0,03185	0,00463
2	366,5	147'	54"	93,4	897	590	1487	30.886	8,420	4.525	1,2330	430	6,82	3,890	19,670	7,07	0,03127	0,00458

St. Pierre des Corps PK.233 (50.90)

les résultats par essai, le tableau II donne les moyennes des résultats obtenus par classe d'essais avec trains de même tonnage. Nous n'y avons pas fait figurer d'indications relatives au degré de surchauffe qui est resté le même dans tous les essais. La température de la vapeur surchauffée a varié de 250 à 315°, elle a atteint en moyenne 280°, la température de la vapeur d'échappement des cylindres HP a varié de 150 à 190° et a atteint en moyenne 170°.

Les vitesses moyennes sur les 230 kilomètres du parcours, établies comme nous l'avons indiqué plus haut, ont varié de 77<sup>km</sup>,8 à 93<sup>km</sup>,4 avec des charges variant de 557<sup>T</sup>,5 à 366<sup>T</sup>,5. La puissance moyenne pendant tout l'essai a varié au crochet du tender de 800 à 966 chevaux et la puissance moyenne effective à la jante des roues motrices a varié de 1182 à 1487 chevaux. La consommation d'eau par cheval a très peu varié, de 8<sup>k</sup>,265 à 8<sup>k</sup>,582, nous avons dit d'ailleurs que la température de la vapeur surchauffée avait très peu varié. La consommation de charbon par cheval a subi des variations plus notables en raison des différences assez considérables dans l'activité de la combustion, qui a varié de 300 à 433 kilogrammes par mètre carré de grille-heure. Cette consommation s'est néanmoins tenue dans des limites remarquablement basses de 1<sup>k</sup>,07 à 1<sup>k</sup>,250 environ. La consommation de charbon par cheval-heure dans les usines centrales d'énorme puissance qu'on construit actuellement (jusqu'à 100.000 HP.) avec des turbines de 10.000 kilowatts, la surchauffe de la vapeur à 350°, l'application de la condensation avec vide de 72 centimètres de mercure et le réchauffage de l'eau d'alimentation est d'après les contrats d'environ 0<sup>k</sup>,900. Dans les usines à moteurs alternatifs d'environ 1.500 chevaux qu'on construisait il y a une dizaine d'années avec condensation par mélange, surchauffe très modérée et réchauffage d'eau d'alimentation, la consommation était d'environ 1<sup>k</sup>,150. La machine locomotive qui est dépourvue de condenseur reste donc encore une machine à vapeur très économique, comme l'avait déjà montré M. Desdouits dans sa note publiée dans la *Revue* en avril et juin 1894.

La combustion horaire a atteint 433 kilogrammes par mètre carré de surface de grille et ce dernier chiffre aurait pu être dépassé si on avait diminué encore les charges pour augmenter la vitesse moyenne, ce qui ne présentait pas d'ailleurs d'intérêt pratique immédiat. La vaporisation par kilogramme de charbon a été bonne, variant de 7<sup>k</sup>,87 à 6<sup>k</sup>,82, on peut même dire que tant que la combustion ne dépasse pas 400 kg. par mètre carré de grille et par heure, la surchauffe de la vapeur est obtenue sans dépense supplémentaire sensible de charbon. Nous attribuons ce résultat à la disposition du foyer, profond à l'avant, épanoui à l'arrière, qui permet le brassage et la combustion complète des gaz. La température des gaz dans la boîte à fumée a varié de 400 à 500° aux trains de juin et de 480 à 550° aux trains d'octobre 1911.

Les chiffres relatifs aux consommations de charbon par 100 tonnes kilométriques sont particulièrement intéressants. Ils mettent en évidence ce que coûte la vitesse : la consommation passe de 2<sup>k</sup>,600 environ à 80 kilomètres à 3<sup>k</sup>,360 à 90 kilomètres et, à partir de cette vitesse, augmente d'une façon exceptionnellement rapide pour quelques kilomètres de vitesse en plus. Ils indiquent d'autre part le progrès réalisé dans cette machine, la consommation de 2<sup>k</sup>,600 par 100 tonnes kilométriques (machine et tender compris) à la vitesse de 80 kilomètres est inférieure à celle des machines à marchandises anciennes aux trains à 30 kilomètres. Si l'on remarque que la charge remorquée à 80 kilomètres a atteint 557<sup>T</sup>,5 qui était le poids normal d'un train de marchandises il y a quelques années seulement, on mesure l'amélioration qu'a apportée dans l'exploitation des chemins de fer l'emploi des locomotives très puissantes.

Les renseignements sur la consommation kilométrique permettent des comparaisons avec les machines existantes des Compagnies où les relevés de consommation se font par kilomètre de train.

L'effort moyen au crochet du tender nous donne des renseignements intéressants sur la résistance du train. Des nombreuses expériences faites antérieurement à la Compagnie d'Orléans avec le wagon dynamomètre et le matériel à *deux essieux* on avait déduit pour ce matériel une formule simple de résistance valable entre les vitesses de 60 et 120 km.

$$R = 0^k,06 V$$

V étant exprimé en kilomètres à l'heure, en particulier pour la vitesse de 100 kilomètres la résistance par tonne était de 6 kg. Les chiffres obtenus dans ces nouvelles expériences avec du matériel à bogies sont plus élevés ; mais il faut tenir compte du fait que les dynamos Stone placées sous chaque voiture pour en assurer l'éclairage ont fonctionné continuellement au cours des essais.

**Résistance de la locomotive.** — Les relevés du wagon dynamomètre permettent aisément de déterminer la résistance totale de la locomotive et du tender à régulateur fermé.

Courbes des résistances par tonne de Locomotive.

Fig. 4.

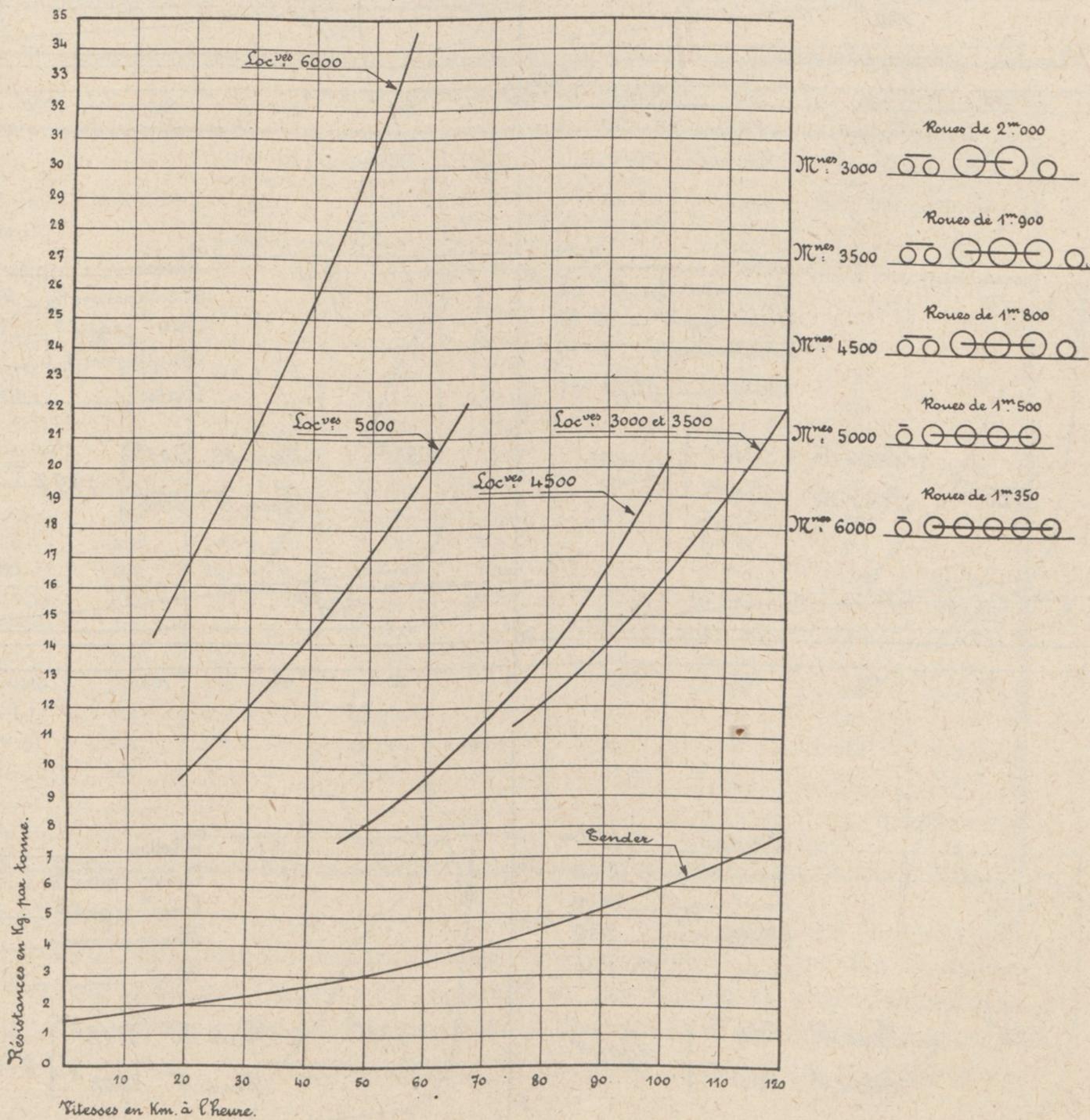
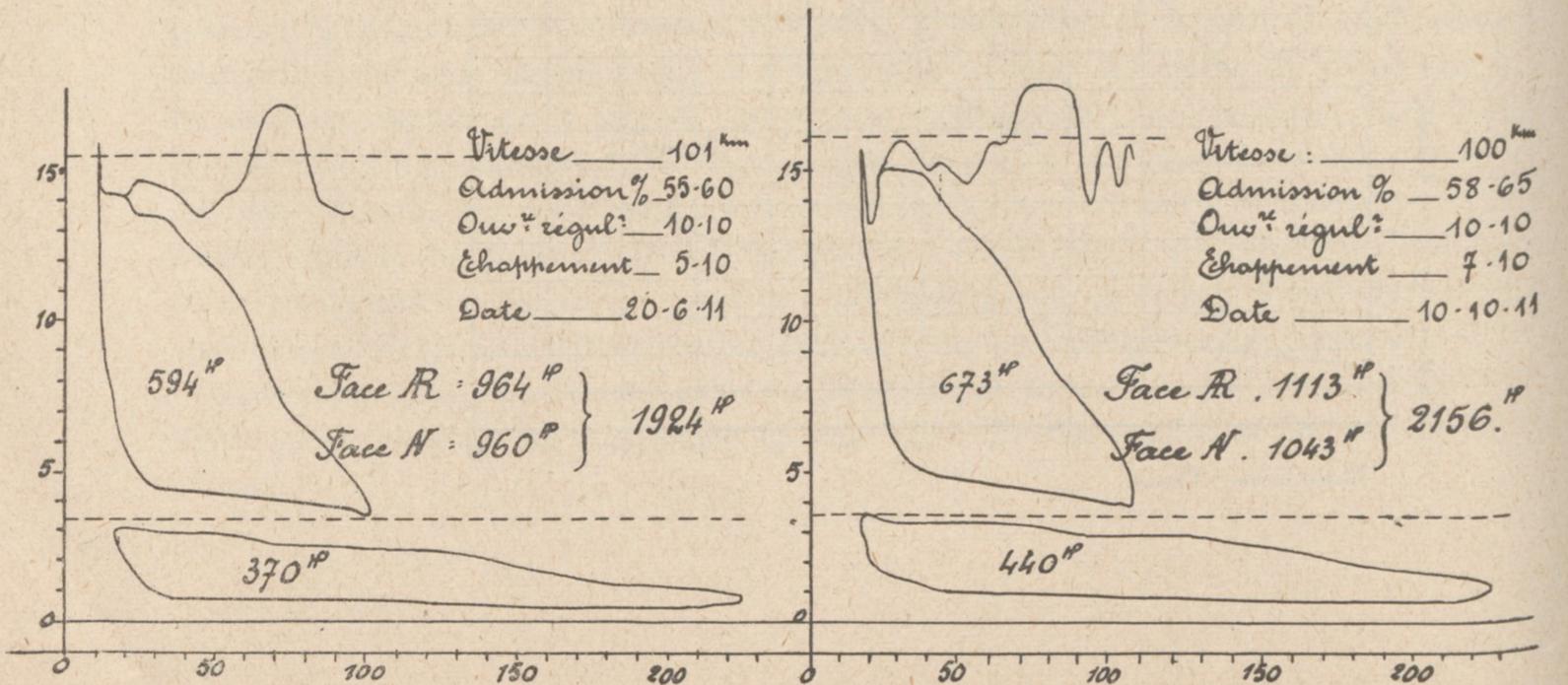
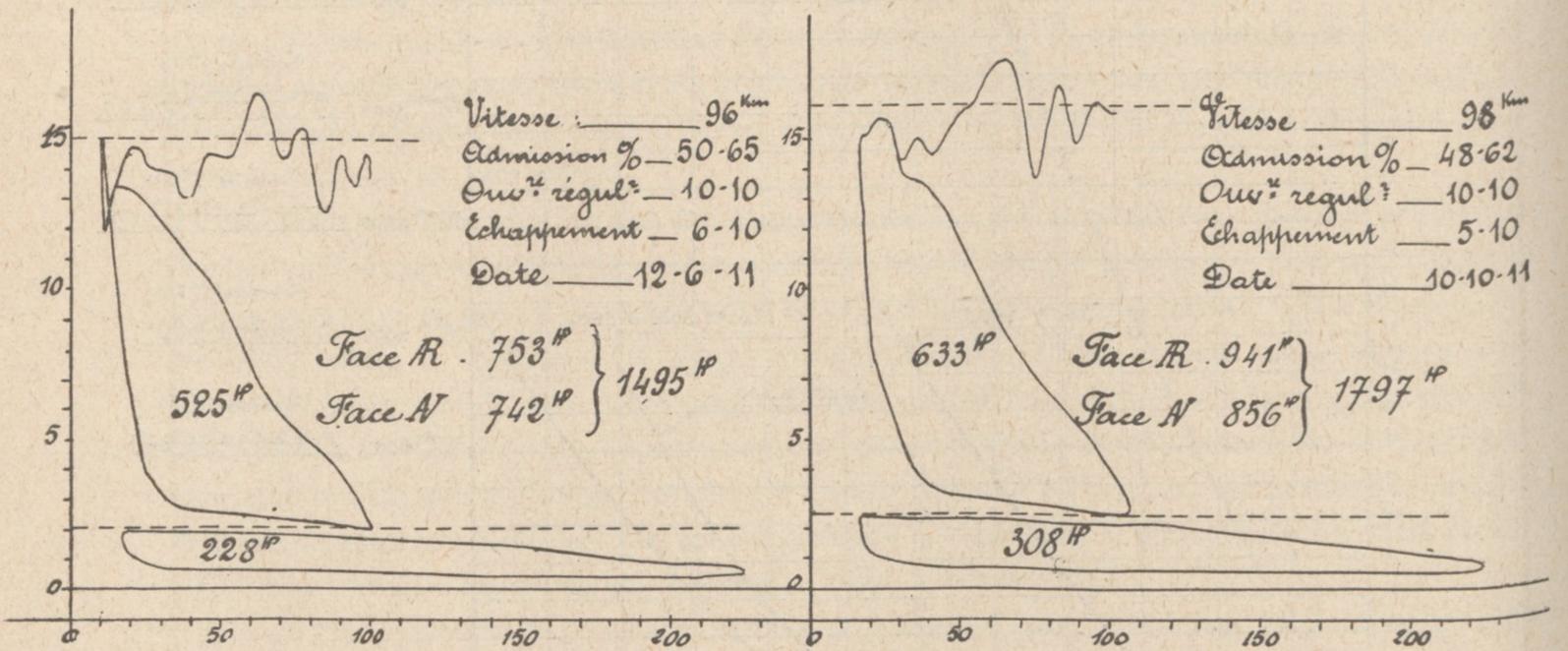
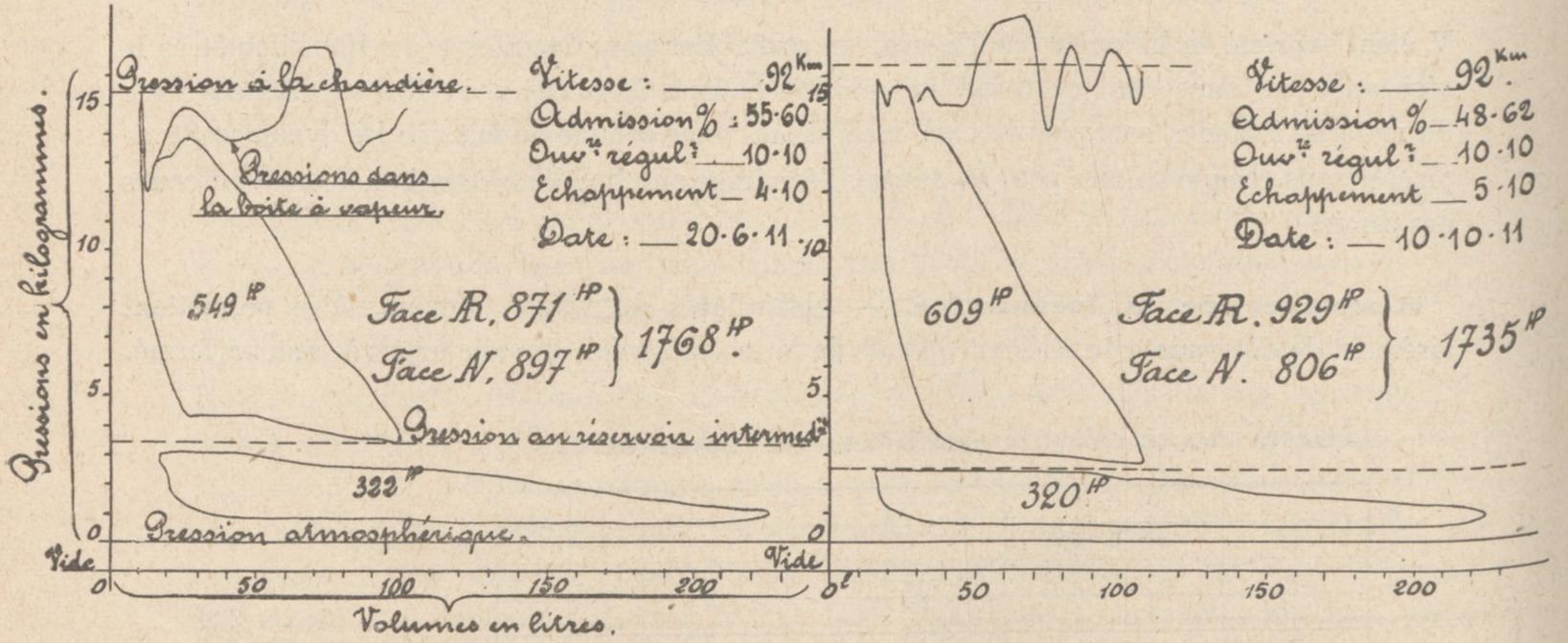


Fig. 5.

# Diagrammes totalisés.

Avec les espaces morts primitifs.

Avec les espaces morts agrandis.



En prenant pour résistance de la tonne de tender le chiffre indiqué pour la tonne de train par la formule  $R = 0,06 V$ , on en déduit la résistance par tonne de la locomotive. On trouvera ci-joint la courbe donnant la résistance par tonne de la locomotive telle qu'elle résulte de nos essais, elle se confond avec la courbe de résistance de nos locomotives Atlantic à roues de 2<sup>m</sup>,05. Nous avons tracé également les courbes relatives aux Pacific type 4.500 à roues 1<sup>m</sup>,850 et celles de nos machines à 4 et 5 essieux couplés (Fig. 4).

**Résultats des modifications apportées aux tiroirs et aux fonds de cylindres. —**

La modification des espaces morts a eu un résultat immédiat, la boucle de la période de compression a disparu des diagrammes et l'allure de la machine s'en est heureusement ressentie : la machine « court » beaucoup mieux depuis qu'elle a reçu cette modification. D'autre part, la consommation d'eau n'a pas augmenté ; si l'on compare en effet les trains de 401<sup>t</sup>,5 de Juin aux trains de 426<sup>t</sup>,5 d'Octobre de même vitesse moyenne, la dépense d'eau par cheval-heure est restée constante. L'agrandissement des espaces morts au moins dans les limites de ces expériences n'a donc eu d'influence ni sur la consommation ni sur le rendement de la machine (Fig. 5).

EFFORTS ET TRAVAUX MAXIMA SOUTENUS AU CROCHET DE TRACTION DU TENDER  
ET A LA JANTE DES ROUES MOTRICES. (TABLEAU III).

DATE DU TRAIN d'essai	TONNAGE	TRAJET CONSIDÉRÉ		TEMPS de marche en minutes et secondes	VITESSE MOYENNE de marche en kilomètres à l'heure	EFFORT MOYEN au crochet de traction du Tender	TRAVAIL MOYEN EN CHEVAUX-VAPEUR	
		Points kilométriques	Longueur en mètres				au crochet de traction (mesuré par le wagon dynamomètre)	à la jante des roues motrices (calculé)
	T		m.		km.	kg.	chx	chx
16-6-11	401	77 à 112	35.000	18'55"	111	2.800	1.151	1.958
16-6-11	401	133 à 173	40.000	22'10"	109	2.690	1.086	1.880
17-6-11	401	219 à 189	30.000	17'13"	105	3.055	1.188	1.948
17-6-11	401	189 à 179	10.000	6'04"	99	3.231	1.185	1.931
17-6-11	401	172 à 156	16.000	8'34"	111,5	2.667	1.101	1.945
17-6-11	401	135 à 125	10.000	5'32"	109	2.860	1.155	1.979
17-6-11	401	107 à 67	40.000	22'47"	105,5	2.782	1.087	1.846
19-6-11	401	74 à 114	40.000	21'26"	112	2.411	1.000	1.813
18-10-11	426	132 à 172	40.000	22'31"	107	2.678	1.061	1.813
19-10-11	426	208 à 195	13.000	7'38"	103	3.213	1.226	1.970
19-10-11	426	172 à 132	40.000	22'25"	107,5	2.936	1.169	1.935
20-10-11	366	78 à 110	32.000	17'36"	109	2.710	1.095	1.872
20-10-11	366	132 à 172	40.000	22'17"	108	2.615	1.046	1.825
20-10-11	366	189 à 203	14.000	7'17"	115,5	2.420	1.059	1.935
21-10-11	366	220 à 195	25.000	14'42"	103	2.805	1.070	1.807
1-10-11	366	173 à 127	46.000	25'35"	108	2.717	1.086	1.870
21-10-11	366	112 à 82	30.000	16'57"	106,5	2.611	1.030	1.808

Pour obtenir le travail en chevaux-vapeur indiqués, il faut multiplier le nombre de la dernière colonne par 1,1.

La modification des tiroirs a été faite avant les essais du mois de Juin ; elle a eu un résultat immédiat sur la consommation d'eau, les nouveaux tiroirs étant étanches alors que les anciens tiroirs à un seul segment ne l'étaient plus. Mais elle n'a pas apporté de remède au laminage excessif à l'introduction que nous avons relevé sur les diagrammes et qui n'a été que faiblement atténué. Si l'on compare les ouvertures offertes à la vapeur au cran de 50% pour les tiroirs

cylindriques de la machine 3545 et les tiroirs plans de la machine 3000 qui a servi à nos essais de 1904 (Note de Juillet 1904), on constate que le rapport de la cylindrée totale à l'ouverture offerte à la vapeur est sensiblement le même :

11,5 pour la machine 3545 et 10,8 pour la machine 3000,

$\frac{90 \text{ lit.}}{78 \text{ cmq.}}$  pour  $\frac{65 \text{ lit}}{60 \text{ cmq.}}$ . Cependant, la chute de pression à la fin de l'introduction est plus du

double dans le cas de la machine 3545 ; il faut donc admettre que dans les tiroirs cylindriques il n'y a que la moitié inférieure de la lumière qui soit réellement utile, la vapeur se refusant à monter pour redescendre ensuite. Ce laminage à l'introduction que nous avons d'ailleurs retrouvé sur les diagrammes de machines Compound à vapeur surchauffée d'autres Compagnies, n'a pas d'influence appréciable sur la consommation de la machine comme nous le montrerons plus loin, il ne présente qu'un seul inconvénient et d'ordre théorique : il empêche de répartir également le travail de la vapeur entre les 2 cylindres, la part de ce travail qui s'effectue dans le cylindre BP étant considérablement réduite.

**Résultats de la superposition de la surchauffe au compoundage de la vapeur.**

— 1<sup>o</sup> *Résultats pratiques.* — Le dépôt de Tours dispose actuellement de 20 machines Pacific sans surchauffe et de 15 machines Pacific à surchauffe. Ces 35 machines sont affectées au même roulement qui comprend le train Sud-Express, à 95 kilomètres, le rapide de Bordeaux à 90 km. et les express de la ligne de Paris à Bordeaux à 85, 80 et 75 kilomètres. Depuis le mois de Janvier 1911, on a relevé séparément les dépenses de combustible par type de machines et on a calculé la consommation par 100 tonnes kilométriques, moyenne de chaque série (la machine et le tender sont compris dans le tonnage du train). Voici les chiffres ainsi calculés :

		Machines sans surchauffe.	Machines avec surchauffe.
Mois d'hiver (y compris le chauffage à la vapeur)	Janvier 1911.....	4 <sup>k</sup> ,24	3 <sup>k</sup> ,73
	Février.....	3 <sup>k</sup> ,90	3 <sup>k</sup> ,66
	Mars.....	3 <sup>k</sup> ,88	3 <sup>k</sup> ,30
	Avril.....	3 <sup>k</sup> ,66	3 <sup>k</sup> ,35
	Moyenne.....	3 <sup>k</sup> ,92	3 <sup>k</sup> ,51
Mois d'été	Mai.....	3 <sup>k</sup> ,59	3 <sup>k</sup> ,23
	Juin.....	3 <sup>k</sup> ,45	3 <sup>k</sup> ,21
	Juillet.....	3 <sup>k</sup> ,51	3 <sup>k</sup> ,09
	Août.....	3 <sup>k</sup> ,55	3 <sup>k</sup> ,10
	Septembre.....	3 <sup>k</sup> ,57	3 <sup>k</sup> ,21
	Moyenne.....	3 <sup>k</sup> ,53	3 <sup>k</sup> ,17

La différence entre les moyennes des mois d'hiver soit 0<sup>k</sup>,41 représente 10,5% de la consommation des machines sans surchauffe. La différence entre les moyennes des mois d'été soit 0<sup>k</sup>,36 représente 10,2% de la consommation des machines sans surchauffe. L'économie de charbon due à la surchauffe ajoutée au Compoundage est donc de 10% environ.

2<sup>o</sup> *Comparaison des résultats obtenus aux essais faits avec le wagon dynamomètre.* — La comparaison des résultats obtenus aux essais faits avec le wagon dynamomètre de la locomotive 3000 (note de juillet 1904) et de la machine 3545, va nous permettre de déterminer l'économie d'eau et retrouver la valeur de l'économie de charbon due à la surchauffe.

En ce qui concerne la consommation d'eau, cette comparaison est parfaitement légitime bien que la puissance des 2 machines soit dans le rapport de 3 à 4, les surfaces de grille étant respectivement 3<sup>m</sup>q,10 et 4<sup>m</sup>q,27. Une des caractéristiques, en effet, de la machine Compound est le fait que la consommation d'eau par cheval reste sensiblement constante dans de grandes limites de variations de puissance, par exemple de 40 à 80 % de la puissance maximum ; de même quand on compare des machines Compound de puissance variant du simple au double, on trouve une consommation constante d'eau par cheval-heure. Nous avons vérifié de nombreuses fois cette propriété tant en comparant les machines Compound de notre réseau entre elles qu'avec des machines d'autres Compagnies pour lesquelles on avait publié les renseignements nécessaires.

La comparaison des consommations d'eau par cheval des 2 machines 3000 et 3545 nous donnera donc l'économie d'eau réalisée. En ce qui concerne la consommation de charbon par cheval, pour laquelle interviennent à la fois le rendement de la machine et celui de la chaudière, il est nécessaire, pour pouvoir faire une comparaison légitime, de se placer dans des conditions analogues de production de la chaudière. Ce sera d'autre part suffisant car les chaudières modernes ont toutes, ou à peu près toutes, les mêmes rapports entre leurs éléments constitutifs et pour une même puissance unitaire par mètre carré de surface de grille ont sensiblement le même rendement. En particulier, la chaudière de la machine 3000 et celle de la machine 3545 présentent les mêmes caractères, et la disposition du foyer plongeant à l'A. entre les longerons de la chaudière de la machine Pacific permet de réaliser le foyer profond de la machine 3000. Si l'on se reporte donc aux essais relatés dans notre note de 1904, on constate que ces essais peuvent se classer en deux catégories : l'une comprenant les essais à puissance voisine de 1.000 chevaux, l'autre les essais à puissance dépassant légèrement 1.100 chevaux, le tableau suivant donne le résumé des résultats moyens de ces séries :

RÉSUMÉ DES RÉSULTATS MOYENS OBTENUS AVEC LA MACHINE 3000.

NOMBRE d'essais	CHARGE remorquée	VITESSE moyenne	PUISSANCE moyenne	Consommation d'eau par cheval	Consommation de charbon par cheval	Combustion horaire par mq. de grille
1 <sup>re</sup> série {	4.....	92 <sup>km</sup> .8	983 HP.	10 <sup>k</sup> ,4	1 <sup>k</sup> ,25	400 <sup>k</sup> ,7
	2.....	93 <sup>km</sup> .15	1009 HP	10 <sup>k</sup> ,8	1 <sup>k</sup> ,35	430 <sup>k</sup>
Moyenne .....			991	10 <sup>k</sup> ,6	1 <sup>k</sup> ,30	415 <sup>k</sup>
2 <sup>e</sup> série {	8.....	96 <sup>km</sup> ,8	1123	10,25	1,34	484,6
	8.....	92 <sup>km</sup> .37	1146	10,65	1,39	517.
Moyenne .....			1135 HP.	10 <sup>k</sup> ,45	1 <sup>k</sup> ,36	501 <sup>k</sup>

A la puissance de 991 chevaux pour la machine 3000, (surface de grille 3<sup>m</sup>q,10) correspond une puissance de  $\frac{991}{3,1} \times 4,27 = 1360$  HP. pour la machine 3545 (surface de grille 4<sup>m</sup>q,27).

A la puissance de 1135 chevaux pour la machine 3000 correspond une puissance de  $\frac{1135}{3,1} \times 4,27 = 1565$  HP. pour la machine 3545.

Par suite, en se reportant au tableau II des essais de la machine 3545, on voit que la première

série se compare avec les essais avec charge de 557<sup>t</sup>,5 et la deuxième série avec les essais à charge de 401<sup>t</sup>,5, 426<sup>t</sup>,5, 366<sup>t</sup>,5 pour lesquels la moyenne a été : puissance 1465 HP, consommation d'eau par cheval 8<sup>k</sup>,507, consommation de charbon par cheval 1<sup>k</sup>,208. La comparaison des essais de la première série donne : économie d'eau par cheval 2<sup>k</sup>,2 soit 21 % de la consommation de la machine Compound sans surchauffe, économie de charbon 0<sup>k</sup>,23 soit 17,7 % de la consommation de la machine Compound sans surchauffe. La comparaison des résultats de la deuxième série donne : Economie d'eau 1<sup>k</sup>,95 soit 18,7 %. Economie de charbon 0<sup>k</sup>,15 soit 11 %.

En moyenne, à ne considérer que le résultat *en marche*, on peut donc dire que l'économie d'eau procurée par l'addition de la surchauffe au Compoundage est de 20 % environ et l'économie de charbon légèrement supérieure à 10 %. En service, où il faut tenir compte du charbon consommé avant le départ et après l'arrivée, l'économie de charbon se réduit aux 10 % que nous avons trouvés dans le relevé des consommations de nos deux séries de machines Pacific.

Ces résultats concordent d'ailleurs parfaitement avec les résultats trouvés dans les essais déjà publiés sur des machines analogues, ils concordent de plus exactement avec les résultats trouvés quand on compare les consommations de machines à simple expansion sans surchauffe et de machines à simple expansion à surchauffe. Par conséquent l'addition de la surchauffe procure les mêmes économies relatives d'eau et de charbon, qu'elle soit faite à une machine à simple expansion ou à une machine Compound.

Nous ajouterons comme dernière remarque que la constance du taux de l'économie d'eau, 20 %, montre que, comme nous le disions plus haut, le laminage à l'introduction qui est beaucoup plus grand sur les diagrammes de la machine 3545 que sur les diagrammes de la machine 3000, n'a pas néanmoins d'influence appréciable sur le rendement de la machine. Nous avons déjà eu l'occasion de constater à plusieurs reprises le peu d'influence qu'ont sur la consommation de vapeur des changements notables apportés à la distribution des machines quand la distribution originelle n'est pas radicalement mauvaise (1).

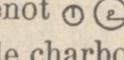
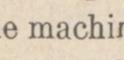
**Résumés historiques des progrès accomplis depuis 15 ans dans la construction des locomotives à grande vitesse.** — Il nous a paru intéressant au sujet de ces essais de

(1) Nous avons continué à suivre les résultats obtenus en service par la machine 3545 après la clôture des essais. Voici quelle a été sa consommation mensuelle par 100 tonnes kilométriques et celle de la moyenne des autres machines à surchauffe de Tours.

	MACHINE 3545	MOYENNE des autres machines 3521 à 3550	DIFFÉRENCE	EN %
Novembre 1911.....	3 <sup>k</sup> ,28	3 <sup>k</sup> ,57	0 <sup>k</sup> ,29	8 %
Décembre 1911.....	2 <sup>k</sup> ,97	3 <sup>k</sup> ,50	0 <sup>k</sup> ,53	15 %
Janvier 1912.....	3 <sup>k</sup> ,27	3 <sup>k</sup> ,60	0 <sup>k</sup> ,33	10 %

A la fin de Janvier la machine 3545 a été arrêtée pour remplacement des segments de pistons et de tiroirs, son parcours depuis la dernière réparation ayant atteint la limite réglementaire de 30.000 kilomètres.

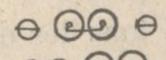
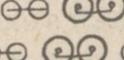
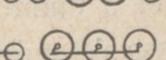
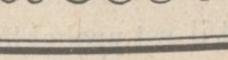
rappeler par quelques chiffres les progrès qui ont été réalisés dans la construction des locomotives à grande vitesse depuis une quinzaine d'années :

En Juin 1897, le rapide de Paris à Bordeaux était composé de voiture à intercirculation à 2 essieux et sa charge était de 175 tonnes, il était remorqué par une de nos machines 265 à 400 type Forquenot  à simple expansion 10<sup>k</sup> et 1<sup>m</sup><sup>q</sup>,70 de surface de grille. La consommation de charbon pour remorquer ce train de Paris-Austerlitz à Tours était de 3235 kg. soit 18<sup>k</sup>,40 par tonne remorquée. En juin 1902, la charge du rapide était passée à 219 tonnes, il était remorqué par une machine Compound à 4 cylindres du type Américain  timbrée à 15<sup>k</sup> et de 2<sup>m</sup><sup>q</sup>,46 de surface de grille. La consommation de charbon pour le parcours Paris-Tours était de 3424 kg. soit 15<sup>k</sup>,63 par tonne remorquée.

En Juin 1906, la charge était passée à 234 tonnes, le rapide était remorqué par une machine Atlantic du type 3000 timbrée à 16<sup>k</sup> et de 3<sup>m</sup><sup>q</sup>,10 de surface de grille. La consommation de charbon était tombée à 3002 kg. soit 12<sup>k</sup>,83 par tonne remorquée.

En Juin 1911, la charge a été de 340 tonnes (voitures à bogies à 2 et 3 essieux, éclairage électrique Stone), le rapide a été remorqué par des machines Pacific 3500 des deux types avec ou sans surchauffe ; dans le premier cas la consommation a été de 3835 kg. soit 11<sup>k</sup>,28 par tonne remorquée et dans le 2<sup>e</sup> cas de 3583 kg. soit 10<sup>k</sup>,54 par tonne remorquée. Si l'on défalque la résistance additionnelle qu'occasionne le fonctionnement de l'éclairage électrique Stone, on trouve que dans le cas des machines à surchauffe la consommation de charbon descendrait à 3140 kg.

On voit donc qu'à 14 ans de distance, pour un tonnage presque double et, par suite, pour un accroissement de confortable considérable pour les voyageurs, la consommation de charbon pour la remorque du Rapide n'a que très peu augmenté. Quant à la consommation par tonne remorquée elle a presque diminué de moitié.

ANNÉES	TYPES de machines	CHARGE du rapide	CONSOMMATION DE CHARBON	
			TOTALE Paris-Austerlitz Tours	PAR TONNE remorquée
Juin 1897.....		175 <sup>T</sup>	3235 <sup>k</sup>	18 <sup>k</sup> ,48
Juin 1902.....		219 <sup>T</sup>	3424 <sup>k</sup>	15 <sup>k</sup> ,63
Juin 1906.....		234 <sup>T</sup>	3002 <sup>k</sup>	12 <sup>k</sup> ,83
Juin 1911.....		340 <sup>T</sup>	3835 <sup>k</sup> 3583 <sup>k</sup> (surchauffe)	11 <sup>k</sup> ,28 10 <sup>k</sup> ,54 (surchauffe)