EXPÉRIENCES DE TRACTION

FAITES EN SERVICE COURANT

SUR LA LOCOMOTIVE COMPOUND A QUATRE CYLINDRES N° 701

DU CHEMIN DE FER DU NORD,

Par M. A. PULIN,

INSPECTEUR PRINCIPAL DE L'ATELIER CENTRAL.

(Pl. XV à XVII.)

Sommaire. — *Préliminaires :* Description de la machine. Indicateur de pressions. Marche des expériences. Dépouillement des résultats d'expériences.

I. *Résultats d'expériences* : 1° Analyse des diagrammes. 2° Consommation de combustible, d'eau et d'huile.

II. *Discussion des résultats d'expériences* : 1° Utilisation de la vapeur. 2° Relation entre les crans de marche des distributions à haute et à basse pression. 3. Puissance maxima. 4. Rapport des volumes des cylindres à haute et à basse pression. 4. Rendement de la machine.

Résumé et Conclusions.

Préliminaires.

Les expériences, dont la présente note rend compte, ont eu principalement pour objet l'étude de la distribution de la locomotive compound, à 4 cylindres, mise en service sur le réseau du Nord, en Janvier 1886. Il est utile, avant d'en exposer les résultats, de faire connaître cette nouvelle machine qui dérive du type déjà ancien des locomotives à grande vitesse, à quatre roues couplées, avec essieu porteur ou bogie à l'avant, cylindres intérieurs et grand foyer, dont la Compagnie du Nord possède 91 exemplaires. Ce type était représenté, à l'Exposition Universelle de 1878, par la machine N° 2.861 décrite dans la *Revue générale des Chemins de fer* (1). Nous nous arrêterons donc surtout aux dispositions nouvelles que présente la locomotive compound, étudiée par M. *A. de Glehn*, Ingénieur et Administrateur de la Société

(1) N° d'Août 1879, page 101, Pl. XIX et N° d'Octobre 1882, p. 258, Pl. XVIII, Fig. 13.

Nota. Les *Propriétés distinctives du système compound* et l'*Historique de son application aux locomotives*, ont été donnés par M. GUSTAVE RICHARD dans le N° de Décembre 1886, p. 317. Dans cette étude, sont rappelés les articles et notices précédemment publiés sur les *Locomotives compound* dans la *Revue générale*.

Dans le N° d'Avril 1887, p. 232, est donnée la description des *Locomotives compound du North-Eastern Railway, types* WORSDELL.

Alsacienne de Constructions mécaniques, et construite dans les ateliers de cette Société (1).

DESCRIPTION DE LA MACHINE.

Cette locomotive, qui porte le N° 701, est représentée par les Fig. 1 et 2, Pl. XV, et le *Tableau A* indique ses conditions principales d'établissement.

La chaudière, timbrée à 11 kg., diffère très peu, comme dimensions, de celles des machines N°s 2.201-2.212 précédemment mises en service; l'écartement des plaques tubulaires a reçu une légère augmentation de $0^m,06$, et la surface de chauffe totale a été portée de 100 à $103^{m.q.}$. Le régulateur est formé d'une soupape équilibrée et l'échappement est fixe. Les injecteurs, système Friedmann, ont l'un $0^m,010$ et l'autre $0^m,007$ de diamètre; ce dernier, destiné à fournir une alimentation à peu près continue, fonctionne presque toujours en marche. Ce système, déjà employé sur les 12 machines à grande vitesse précédentes (2.201-2.212), est favorable à la régularité de la pression dans la chaudière et à la bonne utilisation de la chaleur; il est en voie d'extension.

Les doubles longerons ont été remplacés par des longerons simples, en acier, de 25 $^m/_m$ d'épaisseur. Les diamètres des roues ont été conservés, ainsi que l'écartement des essieux extrêmes, et les boîtes de l'essieu d'avant sont radiales. La disposition adoptée par le constructeur pour ces boîtes est celle de M. Webb, modifiée en vue d'un entretien plus facile; nous renverrons donc le lecteur, pour ce détail, aux descriptions précédemment faites dans la *Revue générale*, des boîtes radiales de cet Ingénieur anglais (2).

Les ressorts de suspension milieu et arrière qui, dans les machines ordinaires, étaient placés au-dessus des essieux, se sont trouvés rapprochés de l'axe de la machine, par suite de la suppression des longerons extérieurs, et ont dû être reportés au-dessous des essieux pour éviter la chaudière; ils sont reliés par des équerres de compensation établies de manière à donner pour les deux paires de roues des charges sur rails à peu près égales. Pour le même motif de réduction de poids du châssis, et malgré l'addition du mécanisme extérieur, le poids adhérent ($27^t,6$) est inférieur de une tonne environ à celui des machines ordinaires primitives.

Cette locomotive, comme toutes celles qui sont affectées au service des voyageurs, est munie du frein à vide et porte des sabots sur l'avant des

---

(1) Le tender, semblable à ceux des autres machines à grande vitesse, est à trois essieux et peut contenir $13^{m.c.},5$ d'eau. (Voir le N° d'Avril 1884, p. 191 et Pl. IX).

(2) N^os d'Août 1881, p. 116 et de Septembre 1883, p. 200.

Tableau A.

LOCOMOTIVE COMPOUND 701.

CONDITIONS PRINCIPALES D'ÉTABLISSEMENT.

CHAUDIÈRE.

Grille	Longueur horizontale	2^{m},270
	Largeur	1 ,000
	Surface	$2^{m \cdot q}$,27
Foyer	Longueur intérieure en haut	2^{m},1955
	Largeur d°	1 ,055
	Largeur intérieure en bas	1 ,000
	Hauteur du ciel du foyer — au-dessous du cadre à l'AR	1 ,010
	Hauteur du ciel du foyer — d° à l'AV	1 ,580
	Hauteur du ciel du foyer — à l'axe de la chaudière	0 ,200
Boîte à feu extérieure	Longueur	2 ,470
	Largeur en haut	1 ,280
	Largeur en bas	1 ,200
Corps cylindrique	Diamètre intérieur moyen	1 2,365
	Épaisseur des tôles	0 ,0145
	Hauteur de l'axe au-dessus des rails	2 ,150
Tubes	Nombre	204
	Diamètre extérieur	0^{m},045
	Longueur entre les plaques tubulaires	3 ,560
Surface de chauffe	du foyer	$9^{m \cdot q}$,50
	des tubes à l'intérieur	$93^{m \cdot q}$,530
	totale	$103^{m \cdot q}$,03
Rapport	Surface des tubes à celle du foyer	9,8
	Surface de chauffe à celle de la grille	45,3
Timbre de la pression en kilog		11,0
Pression maxima au réservoir intermédiaire		5,7
Soupapes	Diamètre	0^{m},100
	Longueur du grand levier	0 ,935
	Longueur du petit levier	0 ,085
	Rapport	1 : 11
	(*Adam's*) Diamètre	0^{m},070
Cheminée	Diamètre en haut	0 ,480
	Diamètre en bas	0 ,390
	Hauteur au-dessus des rails	4 ,165
Rapport de la surface de grille à la section de la cheminée		15 ,2
Boîte à fumée	Diamètre intérieur	1 ,410
	Longueur intérieure	0 ,775
Capacité de la chaudière	*Eau 10cm. au-dessus du ciel du foyer*	*3mc.090*
	Vapeur	*3mc.569*
	Totale	*2mc.650*

CHASSIS ET ROUES.

Longueur totale du châssis, tampons compris		8^{m},935
d° du longeron		8 ,190
Écartement intérieur des longerons		1 ,240
Hauteur des longerons au-dessus des rails		1 ,400
Hauteur du dessus du longeron à l'axe de la chaudière		0 ,750
Longueur de la traverse d'avant		2 ,510
Hauteur des tampons d'avant au-dessus des rails		0 ,980
Diamètre des roues au contact	1er	1 ,300
	2e	2 ,100
	3e	2 ,100
Écartement des essieux	1er au 2e	3 ,000
	2e au 3e	2 ,500
Écartement des essieux extrêmes		5 ,500
Diamètre des essieux au corps	1er	0 ,170
	2e	0 ,190
	3e	0 ,180
D'axe en axe des fusées	1er	1 ,170
	2e	1 ,170
	3e	1 ,170
Fusées des essieux	1er — Diamètre	0 ,175
	1er — Longueur	0 ,240
	2e — Diamètre	0 ,185
	2e — Longueur	0 ,240
	3e — Diamètre	0 ,185
	3e — Longueur	0 ,240
		Intérr — Extérr
Tourillons des manivelles motrices	Diamètre	0,190 — 0,095
	Longueur	0,090 — 0,100

MÉCANISME.

		Haute pression	Basse pression
Cylindres	Écartement d'axe en axe	0^{m},620	1^{m},900
	Diamètre	0 ,330	0 ,460
	Course des pistons	0 ,610	0 ,610
	Inclinaison sur l'horizontale	0	0
	Section du tuyau de prise de vapeur	$4417^{mm \cdot q}$	$17671^{mm \cdot q}$
	d° d'échappement	$17671^{mm \cdot q}$	$20000^{mm \cdot q}$
Bielles motrices	Longueur d'axe en axe	1^{m},820	2^{m},500
	Tourillons des petites têtes : Longueur	0 ,070	0 ,070
	Tourillons des petites têtes : Diamètre	0 ,060	0 ,060
Rapport de la longueur de la bielle motrice à la manivelle		5 ,9	8
Inclinaison des tiroirs sur l'axe des cylindres		0	0
Excentriques	Angle d'avance	24°	0
	Rayon d'excentricité	0^{m},050	0^{m},100
	Longueur des barres	1 ,665	1 ,560
Course des tiroirs		0 ,096	0 ,090
Longueur des lumières (admission, échappement)		0 ,250	0 ,330
Largeur des lumières	Admission	0 ,030	0 .040
	Échappement	0 ,060	0 ,080
Recouvrement total des tiroirs	Extérieur	0 ,042	0 ,054
	Intérieur	— 0 ,008	0
Effort de traction maximum théorique		5.170kg.	
d° coefficient de 0,65		3.360	
Poids de la machine	Vide	34t. ,800	
	En charge	37 ,800	
Répartition du poids par essieu en charge	1er essieu	10 ,200	
	2e d°	13 ,650	
	3e d°	13 ,950	
Poids utile pour l'adhérence		27 ,600	
Rapport du poids adhérent à l'effort de traction pratique		8,0	

RESSORTS DE SUSPENSION.

Désignation des essieux.	Feuilles — Nombre.	Feuilles — Dimens^s	Étagement.	Rayon de fabrication.	Flèche de fabrication.	Corde de fabrication.	Charge d'épreuve.
1er essieu	*13*	*90/12*	*40*	*1^{m},3055*	*0^{m},080*	*0^{m},080*	*11 400kg.*
2e et 3e essieux	*13*	*90/12*	*40*	*1^{m},3055*	*0^{m},080*	*0^{m},900*	*11.400kg.*

quatre grandes roues ; les sacs ont trouvé place à l'avant du tender et agissent sur l'arbre à leviers par l'intermédiaire de chaînes.

Le mécanisme intérieur, actionnant l'essieu du milieu, a été conservé pour la haute pression ; il n'a subi d'autre changement que la réduction de diamètre des cylindres et le déplacement de l'arbre de relevage remonté sous le corps cylindrique ; les tiroirs placés dos à dos sur le côté sont commandés par des excentriques avec coulisse Stephenson.

L'accouplement est supprimé, et deux cylindres à basse pression, placés à l'extérieur des longerons, au milieu de l'intervalle entre l'essieu d'avant et celui premier moteur, actionnent l'essieu d'arrière. Les tiroirs sont en dessous, commandés par une distribution du système Walschaerts, et l'ensemble de ce mécanisme est d'une remarquable légèreté.

Les distributions sont liées, avec faculté de faire varier l'une indépendamment de l'autre, disposition qui est réalisée de la manière suivante. La vis du changement de marche commande à la manière ordinaire l'arbre de relevage du mécanisme extérieur à basse pression (Pl. XV, Fig. 1). Sur le côté de la tête supérieure du levier de ce changement de marche, se trouve fixé un secteur denté A, qui entraîne un autre levier commandant la barre de relevage du mécanisme intérieur à haute pression. Ce second levier articulé en *a*, comme le premier, porte un verrou qui s'engage à volonté dans la denture du secteur surmonté d'une réglette fixe divisée. On peut ainsi opérer le changement de marche en même temps pour les deux distributions, par la seule manœuvre du volant, et, dans ce cas, si l'on est parti du cran 0 pour chacune d'elles, on obtient des admissions moyennes sensiblement égales dans les deux groupes de cylindres ; on peut, par contre, les rendre différentes et faire toutes les combinaisons commandées par les diverses circonstances de la marche et que nous aurons à examiner.

Cette disposition, bonne à tous les points de vue, est celle qui a été employée par M. A. Mallet sur les locomotives construites, en second lieu, pour le chemin de fer de Bayonne à Biarritz (1), et dont l'une figurait à l'Exposition universelle de 1878 (2).

Afin de faciliter le démarrage, on peut, à l'aide d'un robinet placé à l'avant et dont la commande est à portée du mécanicien, envoyer la vapeur de la chau-

---

(1) Les premières avaient des distributions liées.

(2) Voir, pour la description de cette machine : *Armengaud*, volume 25, page 31 et suivantes, et pour celle des locomotives compound construites pour la Compagnie des chemins de fer d'intérêt local de la Meuse : *Compte-rendu de la Société des Ingénieurs civils*, année 1877, p. 976.

Fig. 82 *à* 84. — DISPOSITION DES CYLINDRES ET DE LA TUYAUTERIE.

Fig. 82. — Coupe longitudinale.

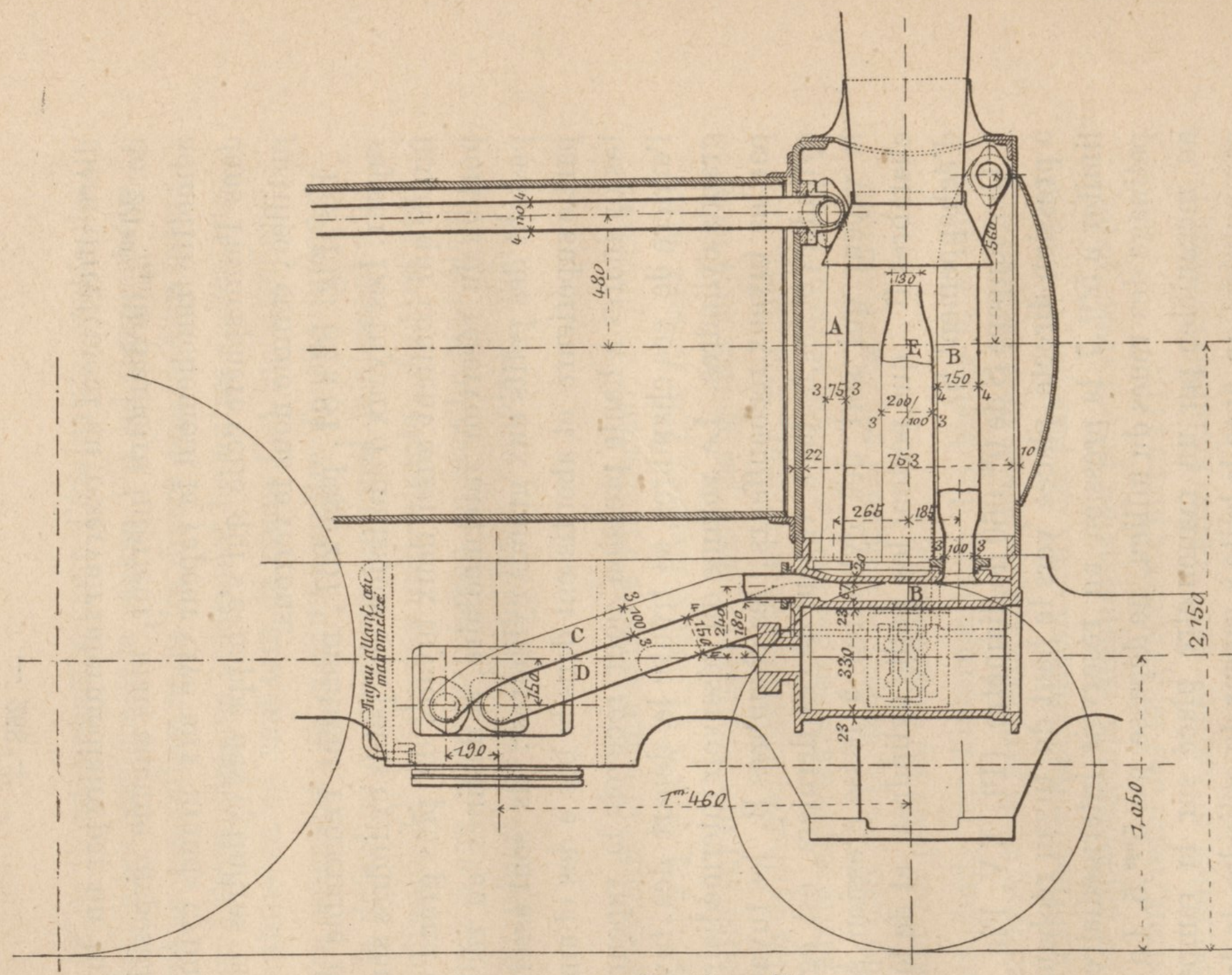


Fig. 84. — Coupes transversales.

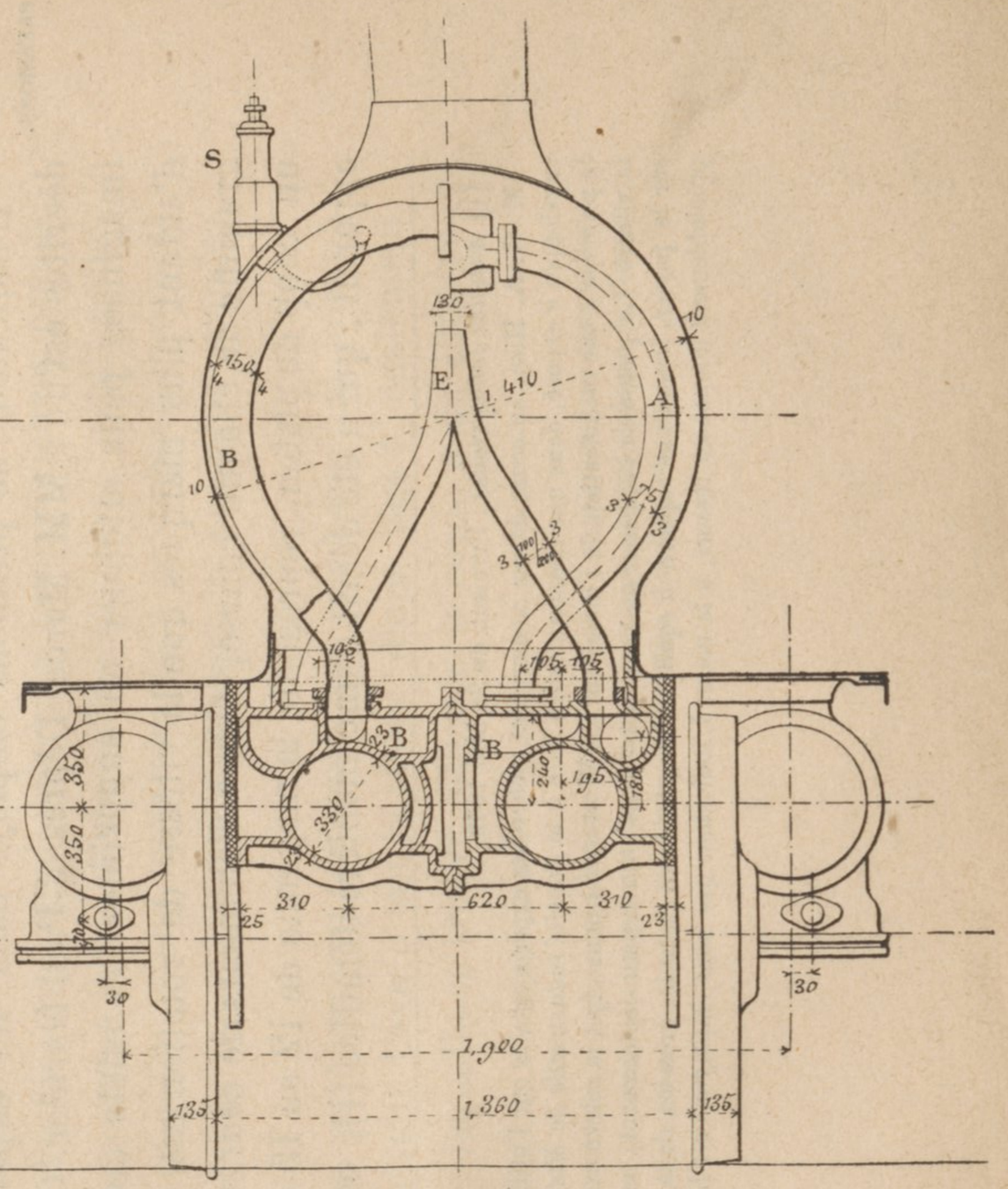
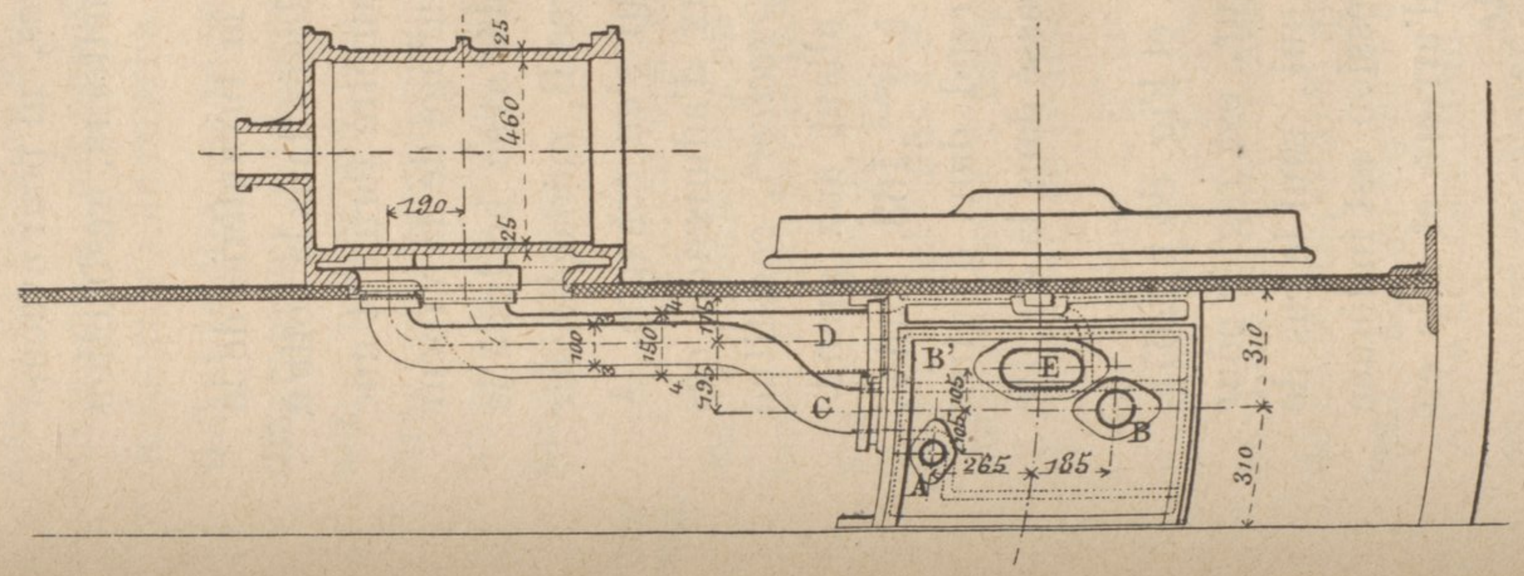


Fig. 83. — Plan.



LÉGENDE :

A..... Tuyaux d'introduction des cylindres d'admission.

B..... Réservoirs intermédiaires.

C..... Tuyaux d'introduction des cylindres de détente.

D..... Tuyaux d'échappement des cylindres de détente.

E..... Colonne d'échappement.

dière directement au réservoir intermédiaire par un tuyau *d* (Pl. XV, Fig. 1) de 20 $^{m}/_{m}$ de diamètre intérieur, mais aucune disposition n'a été prise pour admettre franchement la vapeur vive aux grands cylindres, ni pour évacuer dans l'atmosphère celle qui s'échappe des cylindres admetteurs, restriction justifiée, comme nous le verrons.

Les Fig. 82 à 84, page 267, montrent l'ensemble de la tuyauterie de la vapeur. Les tuyaux d'admission aux petits cylindres sont logés dans la boîte à fumée qui contient aussi deux tuyaux de plus grand diamètre formant une portion du réservoir intermédiaire, et destinés au réchauffage de la vapeur passant des petits aux grands cylindres ; ils sont assemblés avec brides à la partie supérieure et aboutissent dans le bas à des chambres B, ménagées sur les cylindres à haute pression pour recevoir la vapeur qui s'en échappe. A l'arrière de ces chambres se trouve le départ des tuyaux d'admission des grands cylindres. Le volume du réservoir intermédiaire (*receiver*), constitué par les tuyaux réchauffeurs, les chambres B, les tuyaux allant aux grands cylindres et les boîtes à vapeur de ces derniers, est égal à $0^{m.c.},163$. Enfin, la vapeur qui sort des cylindres à basse pression se rend dans d'autres chambres B, que portent les petits cylindres, et de là passe dans la culotte d'échappement E.

Une soupape S de $0^{m},060$ de diamètre (Pl. XV, Fig. 1, et Fig. 84 p. 267), à pression directe, placée vers le haut du tuyau réchauffeur, est réglée pour limiter à $5^{kgs},7$ la pression au réservoir intermédiaire, qui, sauf le cas de patinage des roues du milieu, ne dépasse pas $5^{kgs},5$. La pression est indiquée au mécanicien par un manomètre placé sur la rampe d'arrière et mis en communication avec la boîte à vapeur du cylindre de droite.

INDICATEUR DE PRESSIONS.

L'indicateur de pressions employé dans les expériences qui vont être décrites est dû à MM. Marcel Déprez et Paul Garnier. C'est une des solutions imaginées pour atténuer ou supprimer les effets de l'inertion du piston, d'autant plus marqués que la vitesse de rotation est plus grande, et le diagramme de chaque course, formé d'éléments de courbes inscrits chacun par un coup de piston, représente la moyenne de 12 ou 15 coups en général. Cet appareil, qui a été décrit d'une manière détaillée (1), est employé à la Com-

---

(1) *Annales Industrielles*; livraison du 26 Mai 1872.

M. G.-A. Hirn, au cours de ses mémorables recherches expérimentales sur l'utilisation de la vapeur et le rôle des enveloppes a exposé, dans une communication faite à la *Société Industrielle de Mulhouse* (Séance du 25 Avril 1855), le principe d'une modification de l'indicateur de Watt ayant pour objet le relevé exact des pressions, quelle que soit la vitesse. Le piston de l'appareil ne pouvait subir qu'un très petit déplacement, en vertu duquel il traçait un point sur le papier, lorsqu'une rupture d'équilibre se produisait entre la pression de la vapeur et la tension qu'on avait préalablement donnée au ressort, à la main. L'indicateur que nous employons est basé sur le même principe

pagnie du Nord depuis 1879 ; il est précieux pour l'évaluation exacte des pressions de la vapeur à toutes les périodes de la course. On lui a reproché le défaut de relation qui peut se rencontrer entre les divers points d'un même diagramme, par opposition à l'avantage que présentent les autres indicateurs de fournir une courbe continue en un seul tour de roues. Cet inconvénient, il faut le dire, se rencontre rarement, et conduit à mettre de côté quelques diagrammes sur lesquels le défaut en question se reconnaît facilement ; les autres présentent une continuité de courbe très satisfaisante, dont on peut tirer cette première conclusion que, pour un régime de marche bien établi, les coups de piston ont, en général, une ressemblance complète, même à grande vitesse.

INSTALLATION DES APPAREILS.

L'installation des mouvements de commande de l'indicateur de pressions est représentée par les Fig. 1 à 4, Pl. XVI. Deux leviers, L et L′ sont articulés à leur partie inférieure sur des coulisseaux dont les guides sont fixés sur les têtes de pistons des cylindres intérieur et extérieur, côté droit. Ces leviers sont calés à leur partie supérieure sur des axes a, a' qui portent deux autres leviers l, l' beaucoup plus petits, et dont la longueur est réglée suivant la réduction de course à obtenir pour les diagrammes.

Les leviers l, $l,'$ commandent, par l'intermédiaire des bielles b, $b,'$ dont l'obliquité est négligeable, deux tiges parallèles t, $t,'$ espacées de 4 centimètres et dont les mouvements alternatifs reproduisent ceux des pistons. Il résulte de cette disposition que les déplacements simultanés du piston et du papier sont dans un rapport constant, celui des longueurs de leviers (1).

Une des conditions essentielles à réaliser dans cette installation était la possibilité de relever deux diagrammes dans un temps très court, en les prenant successivement sur les cylindres à haute et à basse pression. La méthode d'accrochage de la corde d'indicateur employée dans les expériences précédentes et déjà incommode pour les locomotives ordinaires, ne se prêtait nullement à l'opération rapide projetée. Nous avons employé le dispositif suivant (Pl. XVI, Fig. 1 et 2), dont le fonctionnement est certain aux plus grandes vitesses.

Les deux tiges t t' bien guidées sont terminées en crochets ; un levier à manette m est articulé suivant l'axe o sur la chape d'une tige t'' également guidée, et à l'extrémité de laquelle se trouve attachée la corde c de l'indica-

(1) On emploie, parfois, pour cette commande, un bouton fixé sur la tête de piston, et glissant dans une coulisse ménagée à la partie inférieure du grand levier. Cette disposition, plus simple d'exécution, a l'inconvénient de donner au grand levier une longueur un peu variable, et d'entraîner une légère déformation des diagrammes.

teur. Le levier *m* qui peut glisser transversalement sur son axe d'une quantité égale à l'écartement des tiges *t*, *t*,′ se rabat indifféremment sur l'une ou sur l'autre, et le cran qu'il porte en son milieu, s'engageant *sans jeu* sur le crochet, l'embrayage est obtenu dans de bonnes conditions ; le débrayage se fait aussi très facilement. La prise de deux diagrammes successifs, à haute et à basse pression, a pu ainsi avoir lieu en moins d'une minute, temps pendant lequel, grâce à quelques précautions, le régime de la distribution peut être considéré comme à peu près constant.

MARCHE DES EXPÉRIENCES.

Cinq voyages d'expériences ont eu lieu, en 1886, au train 11, de Paris à Longueau, ou de Paris à Lille, ligne choisie à cause de ses nombreuses rampes de 4 à 5 $^{m}/_{m}$ favorables à une évaluation précise des efforts de traction. Ces voyages, motivés chacun par quelque modification apportée à la distribution, ont tous été faits dans les conditions habituelles du service, et sans préparatifs spéciaux ; on a seulement vérifié le jeu des sabots de freins par rapport aux roues, jeu nécessaire pour éviter le frottement qui, en cours de route, aurait augmenté la résistance réelle du train et rendu inexacte l'indication des efforts de traction. La composition du train était relevée à Paris, avant le départ, à Chantilly et à Creil, et les charges remorquées ont été calculées en tenant compte approximativement du poids des voyageurs et des bagages.

A chaque relevé de diagrammes sur les deux cylindres à haute et à basse pression, les opérateurs placés à l'avant de la machine mettaient en mouvement, à l'aide d'un commutateur électrique, la sonnerie du wagon dynamomètre, et provoquaient en même temps un pointage sur le papier de l'appareil enregistreur pendant la durée précise de l'expérience, de manière à établir la corrélation nécessaire entre les diagrammes, la vitesse et l'effort de traction sur un profil donné (1). Un opérateur, placé sur la plate-forme du mécanicien, notait à ce moment les crans de marche, la pression de la vapeur dans la chaudière et dans la boîte à vapeur du grand cylindre de droite ; comme vérification, la pression au réservoir intermédiaire était donnée constamment par un manomètre étalon monté à l'avant de la machine en communication avec le tuyau réchauffeur renfermé dans la boîte à fumée.

DÉPOUILLEMENT DES RÉSULTATS D'EXPÉRIENCES.

Au cours de chaque voyage, il a été relevé une vingtaine de couples de diagrammes, représentant pour les conditions très variables de la marche,

(1) La description de ce wagon dynamomètre est insérée dans le N° d'Avril 1883 de la *Revue générale*. p. 317, Pl. XIV et XV.

Tableau B. (Pl. XVII).

LOCOMOTIVE COMPOUND 701.

Train 11 du 18 Mai 1886, entre PARIS et LONGUEAU (Prem

TABLEAU DES PRINCIPALES CONDITIONS

Calcul des Diagrammes relevés à l'avant des cy

Renseignements généraux.

NUMÉROS D'ORDRE des Diagrammes.	TRAJET.	NOMBRE DE VÉHICULES y compris le wagon dynamonètre.	CHARGE REMO Voyageurs et Baga
1 à 7	De Paris à Chantilly	15(1)	152t. ,00
8	De Chantilly à Creil.....	12	125. 00
9 à 19	De Creil à Longueau.....	10	105, 00

(1) Comprenant une voiture tramway à 4 essienx.

Nos d'ordre des diagrammes.....	1	2	4	5	6	7	8	9
Pression effective de la vapeur dans la chaudière, en kg. par cm²	9	10	9 1/2	9 1/4	9 1/4	9	9 1/2	7 3/4
Pression effective de la vapeur dans le réservoir intermédiaire, en kg. par cm² ..	4	4 1/4	4 1/4	4	2	1 1/4	2 1/4	3
Vitesse de la machine en km. à l'heure.....	75	64	68	63	85	90	82	51,5
Vitesse de la machine en mètres par 1″	20,81	17,78	18,89	17,60	23,60	25,00	22,80	14,25
Vitesse moyenne des pistons en mètres par 1″	3,87	3,30	3,48	3,23	4,36	4,61	4,20	2,64
Effort utilisé en kg. au crochet de traction du tender	1.100	1.400	1.350	1.400	500	300	600	950
Travail en chevaux utilisé au crochet de traction du tender.....	300	331	340	338	157	100	182	181
Travail en chevaux utilisable à la barre d'attelage de la machine, en palier (T_u).	364	427	442	441	»	»	»	»
Extrait du tableau de la distribution. — Cylindre à haute pression. — Cran de marche	7 1/4	7 1/4	7 1/4	8	5	4 1/3	5	7
Ouverture maxima des lumières en mm	19	19	19	23	10	8	10	18
Chemin parcouru par le piston pendant l'admission, exprimé en centièmes de la course.	72	72	72	80	50 1/2	43	50 1/2	70
D° d° d° la détente, d° ..	20	20	20	15	35	38	35	21
D° d° d° la compression, d° ..	10	10	10	6	17 3/4	21 3/4	17 3/4	11 1/2
Cylindre à basse pression. — Cran de marche	5 1/3	5 1/3	5 1/3	5	6	6	5 1/2	5 1/3
Ouverture maxima des lumières en mm.....	16	16	16	14 1/2	19	19	16 3/4	16
Chemin parcouru par le piston pendant l'admission, exprimé en centièmes de la course.	55	55	55	52	62 1/4	62	57	55
D° d° d° la détente, d° ..	31	31	31	33 1/4	25 3/4	27	30	31
D° d° d° la compression, d° ..	16	16	16	17 1/4	12 3/4	13	15	16
Petit cylindre. — Pression moyne effective en kg. par cm² sur la face de piston considérée..	2,20	2,91	3,32	2,43	2,81	2,31	2,90	2,60
Grand cylindre. — D° d° d°.....d°	2,40	2,63	2,60	3,00	0,67	0,57	1,00	1,79
Petit cylindre. — Travail indiqué en chevaux .....d°	48,5	54,5	65,5	44,5	69,6	60,5	69,5	39,1
Grand cylindre. — D° d°.....d°	102,9	78,9	100,5	108	32,4	29,1	46,5	52,6
Travail total de la vapeur sur les pistons (T_p)	599	595	658	600	402	354	458	364
Rendement. $\left(\frac{T_u}{T_p}\right)$	0,60	0,72	0,67	0,73	»	»	»	»
Profil de la voie (Pente ou rampe en millimètres par mètre).....	Rpe de 3,5	Rpe de 5	Pte de 5	Rpe de 5	Pte de 5	Pte de 5	Pte de 5	Rpe de 2,4

Nota. — Le diagramme N° 3 était incomplet.

(Pl. XVII).

OMPOUND 701.

S ET LONGUEAU (Première expérience).

S CONDITIONS DE MARCHE.

vés à l'avant des cylindres.

nts généraux.

ES onètre.	CHARGE REMORQUÉE Voyageurs et Bagages compris.	OBSERVATIONS.
	152t. ,000	Régulateur toujours ouvert en grand,
	125. 000	Beau temps, rails secs.
	105, 000	

ture tramway à 4 essienx.

7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
9	9 1/2	7 3/4	8 3/4	9 3/4	9 1/2	9 3/4	9 1/2	10	9 1/2	10	10	9 1/4
1 1/4	2 1/4	3	3	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 3/4	3 3/4	2	1 1/2	1 1/4
90	82	51,5	67	74,5	82	63	68,5	77	64	91,5	87	87
25,00	22,80	14,25	18,60	20,70	22,80	17,60	18,95	21,38	17,78	24,95	23,70	23,70
4,61	4,20	2,64	3,43	3,82	4,20	3,23	3,51	3,95	3,28	4,69	4,46	4,46
300	600	950	900	950	700	1.050	1.000	900	1.100	475	375	250
100	182	181	223	262	212	245	253	256	260	161	120	80
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
4 1/3	5	7	6 2/3	6 2/3	6 2/3	6 1/2	6 1/2	6 1/2	7	5	4 1/3	4
8	10	18	16	16	16	15	15	15	18	10	8	7
43	50 1/2	70	66	66	66	65	65	65	70	50 1/2	43 1/4	40 1/2
38	35	21	23	23	23	24	24	24	21	35	42 1/4	40 1/2
21 3/4	17 3/4	11 1/2	13	13	13	14	14	14	11 1/2	17 3/4	21 3/4	23 3/4
6	5 1/2	5 1/3	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	6	6	6
19	16 3/4	16	16 3/4	16 3/4	16 3/4	16 3/4	16 3/4	16 3/4	16 3/4	19	19	19
62	57	55	57	57	57	57	57	57	57	62	62	62
27	30	31	30	30	30	30	30	30	30	27	27	27
13	15	16	15	15	15	15	15	15	15	13	13	13
2,31	2,90	2,60	2,87	3,00	2,61	3,31	3,02	3,20	3,20	3,00	2,60	2,31
0,57	1,00	1,79	1,78	2,00	1.58	1,90	2,00	1,80	2,27	1,00	0,60	0,54
60,5	69,5	39,1	56	65	62,3	60,8	60	72	59,8	80,2	66,1	58,5
29,1	46,5	52,6	63	84	74	68	78	79	82,9	52	29,6	26,8
354	458	364	493	594	541	509	542	595	567	522	378	337
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Pte de 5	Pte de 5	Rpe de 2,4	Rpe de 2,4	Rpe de 2,4	Rpe de 1,9	Rpe de 4	Rpe de 4	Rpe de 4	Rpe de 4	Pte de 4	Palier	Pte de 3

ncomplet.

TABLEAU C. (P

LOCOMOTIVE CO

TRAIN 11 DU 23 NOVEMBRE 1886, ENTRE P

TABLEAU DES PRINCIPALES

Calcul des Diagrammes relevés

Renseignement

NUMÉROS D'ORDRE des Diagrammes.	TRAJET.	NOMBRE DE VÉHICULES y compris le wagon dynamon
2′ et 3′	De PARIS à CHANTILLY.....	15(1)
5′	De CHANTILLY à CREIL.....	12
6′ à 21′	De CREIL à ARRAS.....	10
23′	D'ARRAS à DOUAI	10
»	De DOUAI à LILLE	10

(1) Comprenant une voiture

Nos d'ordre des diagrammes.	2′	3′	5′	6′	7′	8′	9
Pression effective de la vapeur dans la chaudière en kg. par cm²	11 1/4	11 1/4	10 1/4	11 1/4	11 1/4	10 3/4	11
Pression effective de la vapeur dans le réservoir intermédiaire en kg. par cm²	5 1/4	3 1/2	2 1/4	2	3 1/2	2 3/4	3
Vitesse de la machine en km. à l'heure	59	76,2	»	»	75,7	»	63
Vitesse de la machine en mètres par 1″	16,35	21,20	»	»	21,00	»	17
Vitesse moyenne des pistons en mètres par 1″	3,47	3,94	»	»	3,91	»	3
Effort utilisé en kg. au crochet de traction du tender	1.510	880	»	»	850	»	1.0
Travail en chevaux utilisé au crochet de traction du tender	329	248	»	»	237	»	2
Travail en chevaux utilisable à la barre d'attelage de la machine, en palier (T_u)	447	»	»	»	356	»	3
Extrait du tableau de la distribution. — Cylindre à haute pression. — Cran de marche	6 3/4	5 fort	2	3	5 fort	4 faible	5
Ouverture maxima des lumières en mm	20 1/2	15	9	10 1/2	15	12	
Chemin parcouru par le piston pendant l'admission, exprimé en centièmes de la course	67	58	27 1/2	37 1/2	57	44	
D° d° d° la détente, exprimé en centièmes de la course	18 1/2	24	32 3/4	32	24 1/4	28 1/4	23
D° d° d° la compression, exprimé en centièmes de la course	6 1/2	10 3/4	19 2/4	15 1/2	10 3/4	13	
Cylindre à basse pression. — Cran de marche	5	4 3/4	3	4	4 3/4	5	
Ouverture maxima des lumières en mm	15	14	8 1/2	11 1/2	14	15	
Chemin parcouru par le piston pendant l'admission, exprimé en centièmes de la course	54	51 3/4	33 1/4	45 1/2	51 3/4	54	
D° d° d° la détente, exprimé on centièmes de la course	28 1/2	29 3/4	40	33	29 3/4	28 1/2	28
D° d° d° la compression, exprimé en centièmes de la course	14 1/2	15 3/4	23 3/4	19	15 3/4	14 1/2	1
Petit cylindre. — Pression moyne effective en kg. par cm2, sur la face de piston considérée	3,75	3,63	»	»	3,50	»	
Grand cylindre. — D° d° d°.....d°	2,99	1,95	»	»	2,14	»	
Petit cylindre. — Travail indiqué en chevaux sur la face du piston	72,1	79,2	»	»	75,8	»	7
Grand cylindre. — D° d° d° d° d°	113,3	84,07	»	»	91,37	»	7
Travail total de la vapeur sur les pistons (T_p)	750	661	»	»	676	»	
Rendement. $\left(\frac{T_u}{T_p}\right)$	0.59	»	»	»	0,53	»	0
Profil de la voie (Pente ou rampe en millimètres par mètre)	R = 5	P=1,P=5	»	»	R = 1.65	»	R

Nota. — Les diagrammes Nos 5′, 6′, 8′,

Les numéros manquants se rappor

TABLEAU C. (Pl. XVII).

LOCOMOTIVE COMPOUND 701.

u 23 NOVEMBRE 1886, ENTRE PARIS ET LILLE (Dernière expérience).

ES PRINCIPALES CONDITIONS DE MARCHE.

l des Diagrammes relevés à l'arrière des cylindres.

Renseignements généraux.

	NOMBRE DE VÉHICULES y compris le wagon dynamomètre.	CHARGE REMORQUÉE Voyageurs et Bagages compris.	OBSERVATIONS.
....	15(1)	143t. ,600	Régulateur toujours ouvert en grand, temps calme, fort brouillard entre Paris et Arras.
....	12	114, 500	
....	10	95, 500	
....	10	91, 500	
....	10	90, 000	

(1) Comprenant une voiture tramway à 4 essieux.

6′	7′	8′	9′	11′	12′	13′	14′	15′	16′	17′	18′	19′	20′	21′	23′
11 1/4	11 1/4	10 3/4	11 3/4	10 1/2	11 1/4	11 1/4	10 3/4	11 1/4	10 1/4	11	11	10 3/4	11 1/4	11	11
2	3 1/2	2 3/4	3 3/4	2 1/2	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2	3	3 1/2	3 1/2	4	4	2 1/4	2
»	75,7	»	63,8	85,4	84,1	85,6	88	90	»	82	84,7	76,2	75,8	91,3	74,5
»	21,00	»	17,60	23,75	23,40	23,80	24,50	25,00	»	22,00	23,50	21,20	21,10	25,40	20,70
»	3,91	»	3,30	4,41	4,34	4,42	4,55	4,65	»	4,08	4,37	3,94	3,92	4,72	3,85
»	850	»	1.050	480	540	520	500	450	»	800	840	980	970	400	530
»	237	»	248	152	168	165	163	150	»	234	263	263	272	135	146
»	356	»	367	»	»	»	»	»	»	364	386	384	388	»	»
3	5 fort	4 faible	5 1/3	4	4	4	4	3 1/2	6	5 1/2	5 1/2	6 fort	6 fort	4 faible	3 1/2
0 1/2	15	12	16	12	12	12	12	11 1/4	17 1/2	16 1/4	16 1/4	18	18	12	11 1/4
7 1/2	57	44	59	45 1/2	45 1/2	45 1/2	45 1/2	41 1/2	63	60	60	63	63	45	41 1/2
32	24 1/4	28 1/4	23 3/4	28 1/4	28 1/4	28 1/4	28 1/4	30 1/2	21 1/4	22 1/2	22 1/2	21	21	28 3/4	30 1/2
5 1/2	10 3/4	13	10	13	13	13	13	14 1/4	8	9 1/4	9 1/4	8	8	13	14 1/4
4	4 3/4	5	5	5	5 1/3	5 1/3	5 1/3	5 1/2	6 1/4	5	5	5	5	5 fort	5 1/2
1 1/2	14	15	15	15	17	17	17	18	23	15	15	15	15	15	18
5 1/2	51 3/4	54	54	54	57	57	57	58 3/4	65	54	54	54	54	54	53 3/4
33	29 3/4	28 1/2	28 1/2	28 1/2	26 1/2	26 1/2	26 1/2	25 1/2	21 1/2	28 1/2	28 1/2	28 1/2	28 1/2	28 1/2	25 1/2
19	15 3/4	14 1/2	14 1/2	14 1/2	13 1/2	13 1/2	13 1/2	13	11	14 1/2	14 1/2	14 1/2	14 1/2	14 1/2	13
»	3,50	»	4,20	5,22	4,06	3,95	3,67	3,55	»	3,27	3,67	3,23	3,26	3,02	4,06
»	2,14	»	2,03	1,23	1,38	1,34	1,21	0,99	»	2,12	2,34	2,71	2,56	1,15	1,18
»	75,8	»	76,8	78,7	97,6	96,7	92,5	91,5	»	73,9	88,9	70,5	70,8	79	86,6
»	91,37	»	73,3	59	65,4	64,9	58,73	50,27	»	94,36	111,5	116,59	109,58	59,27	50
»	676	»	608	558	660.6	655	618	578	»	681	811	756	729	560	552
»	0,53	»	0,60	»	»	»	»	»	»	0,53	0,48	0,51	0,53	»	»
»	R = 1.65	»	R = 4	P = 4	P = 3	»	P=3, P=4	P = 3	»	R = 1,38	R1,48 R1,61	R = 5	R = 5	P = 5	P = 4

Les diagrammes N°s 5′, 6′, 8′, 16′, ont été relevés aux démarrages.

Les numéros manquants se rapportent à des diagrammes incomplets.

les évolutions de la vapeur depuis son entrée au petit cylindre jusqu'à son évacuation dans la colonne d'échappement.

Les diverses phases des distributions ont été délimitées exactement sur les diagrammes d'après le relevé fait à l'atelier, une première fois avant les expériences, et en second lieu avant le quatrième voyage, à la suite d'une réparation subie par la machine. Les pressions moyennes effectives calculées à l'aide du planimètre (1), ont servi à évaluer le travail total de la vapeur, en admettant, bien entendu, pour chaque mécanisme, l'identité des distributions sur les quatre faces de pistons.

Sur la Pl. XVII sont représentés les diagrammes qui ont été relevés au début et à la fin des expériences, avant et après toutes modifications, ainsi que quelques diagrammes de démarrage. Les *Tableaux B et C*, pages 270bis et 270ter, qui se rapportent à ces séries, contiennent, en même temps que les principales conditions de marche, le résumé des calculs auxquels ces diagrammes ont donné lieu.

Le compte-rendu ci-après, qui renferme tous les éléments du Rapport adressé à M. l'Ingénieur en chef Delebecque, sera divisé en deux parties ; la première contiendra les résultats d'expériences et leur interprétation ; nous réunirons dans la seconde, en discutant ces résultats, les observations que nous avons cherché à en tirer d'une manière générale, relativement à l'utilisation de la vapeur, à la relation à établir entre les crans de marche, à la puissance, au rendement et au mode d'établissement de la machine.

I. — Résultats d'expériences.

1° ANALYSE DES DIAGRAMMES.

Dès la mise en service de la locomotive 701, qui a eu lieu au mois de Janvier 1886, une compression exagérée dans les petits cylindres a apparu comme une cause de gêne sérieuse. Excessive pour les fortes pressions au réservoir intermédiaire employées sur les rampes, et encore anormale pour les pressions moindres, elle donnait lieu, dans le premier cas, à un travail négatif important, et s'opposait dans le second à une allure très rapide de la machine en pente, ne permettant une marche facile que pour les vitesses modérées en profil plat, ou à peu près.

Cette compression, mise ensuite en évidence par les diagrammes, dépassait

(1) La flexibilité moyenne du ressort de l'indicateur est de $5^m/_m25$ par kg. de pression par centimètre carré.

toujours, et souvent de beaucoup la pression qui existait dans la boîte à vapeur. Pour l'atténuer, on a diminué à deux reprises les recouvrements intérieurs des tiroirs de distribution, en même temps qu'on diminuait les recouvrements extérieurs pour augmenter l'avance à l'admission et l'ouverture maxima des lumières. La compression amoindrie ayant été reconnue encore trop élevée, on a remplacé les pistons par d'autres évidés pour augmenter les espaces nuisibles.

Ces diverses modifications ont motivé les quatre premières expériences ; la cinquième a eu pour but le relevé des diagrammes sur les faces *arrière* des pistons, ceux des expériences précédentes ayant tous été pris sur les faces *avant*. Nous allons maintenant examiner les diverses phases de la distribution, en les prenant dans l'ordre où elles se présentent.

ADMISSION DANS LES PETITS CYLINDRES.

Le régulateur étant à soupape, ne comporte guère qu'une ouverture très minime ou très grande; en pleine marche, on le tient toujours ouvert en grand, et la pression initiale aux cylindres à haute pression n'offre rien d'anormal ; exceptionnellement, elle se trouve presque égale à celle de la chaudière, mais en général elle lui est inférieure de 1/2 kilog. en moyenne et l'écart ne dépasse pas 3/4 de kilog. Pendant l'admission, la pression dans le cylindre s'abaisse lentement ou rapidement, selon que le degré d'introduction est élevé ou faible, ce qui s'explique par les variations de l'ouverture maxima. L'influence de la vitesse ne paraît être prononcée que lorsque l'admission est faible. Dans le cas contraire, les diagrammes relevés aux vitesses assez différentes de 60 et 75 kilomètres à l'heure, ont montré des chûtes de pression identiques entre l'origine de la course et le point correspondant à la fermeture complète de la lumière. La décroissance de pression, à peu près uniforme pendant la majeure partie de l'admission, devient toujours très accentuée à la fin de cette période, par suite du laminage de la vapeur.

ADMISSION DANS LES GRANDS CYLINDRES.

La pression de la vapeur, à l'origine de l'admission aux grands cylindres, est peu inférieure à celle du réservoir; la différence varie entre 1/4 et 1/2 kilog., et se rapproche généralement du plus faible de ces chiffres. On observe souvent au commencement de cette période, et pour une petite portion de la course, un abaissement rapide qui n'est pas, à proprement parler, une chûte de pression dans le cylindre, et sur lequel nous reviendrons en parlant de la compression. La pression de la vapeur admise se maintient ici mieux que dans les petits cylindres, et la perte de pression ne s'accentue pas autant au moment de la fermeture, ce qui tient à la plus grande ouverture des lumières.

Le *Tableau* D indique les chûtes de pression à l'admission, d'après les diagrammes relevés au dernier voyage d'expérience, à l'arrière du petit cylindre, c'est-à-dire du côté où l'avance et l'ouverture maxima sont les plus grandes.

TABLEAU D.

Chûte de pression à l'admission au petit cylindre (*arrière*).

TRAIN 11 DU 23 NOVEMBRE 1886 (PARIS A LILLE).

Numéros d'ordre des diagrammes.	Admission en centièmes de la course.	Vitesse en kilomètres à l'heure.	Pression absolue dans la chaudière. H	PRESSION ABSOLUE DANS LE CYLINDRE. Commencement de la course H_1	Fin de l'admission p	RAPPORTS DE PRESSIONS. $\frac{H_1}{H}$	$\frac{p}{H_1}$
			kgs.	kgs.	kgs.		
3′	57	77	12,25	11,5	9,2	0,94	0,80
7′	57	74	12,25	11,9	9,2	0,975	0,77
9′	59	61	12,25	11,3	9,2	0,92	0,81
11′	45,5	89	11,50	11,4	8,7	0,99	0,76
12′	45,5	82	12,25	11,7	8,6	0,955	0,73
13′	45,5	88	12,25	11,9	9,0	0,97	0,75
14′	45,5	85	11,75	11,5	8,6	0,98	0,75
15′	41,5	91	12,25	12,1	9,1	0,99	0.74
17′	60	76	12,00	11,3	8,9	0,94	0,79
18′	60	82	12.00	11,4	9,1	0,95	0,81
19′	64	75	11,75	11,2	8,9	0,95	0,81
20′	64	76	12,25	11,3	8,9	0,93	0,79
21′	44	91	12,00	11,3	8,9	0,94	0,79
23′	41,5	73	12,00	12,0	9,2	1,00	0,76

Les différences observées entre la pression de la chaudière et celle qui existe dans les cylindres à l'origine de la course sont identiques sur les deux faces du piston. Leur peu d'importance doit être attribué, en partie, à ce que la vapeur d'échappement est toujours ramenée par la compression à une pression au moins égale à celle de la boîte à vapeur. Nous devons tirer de cette faible chûte constatée au commencement de l'admission, à l'arrière, une autre conclusion, importante au point de vue de l'exactitude des résultats. Les tuyaux de prise de vapeur de l'appareil avaient un diamètre intérieur de $26^m/_m$ bien suffisant, et leurs longueurs pour l'avant et pour l'arrière étaient très différentes; les tuyaux d'arrière avaient $2^m,500$ pour le cylindre intérieur et $3^m,100$ pour le cylindre extérieur; or, à la condition de les couder suivant

de grands rayons, et de les protéger contre le refroidissement par une double enveloppe de cordes, les pressions ont été fidèlement reproduites par l'indicateur.

DÉTENTE. La détente donne lieu à une observation importante, celle qui se rapporte aux poids de vapeur saturée contenue dans le cylindre, espace nuisible compris, au commencement et à la fin de cette période.

La comparaison des poids pourrait être faite en substituant aux densités de la vapeur les pressions correspondantes qui leur sont à peu près proportionnelles ; mais comme il s'agit ici de variations de poids ordinairement très faibles, nous avons préféré calculer leur valeur réelle en employant les chiffres de densités donnés par les tables de Zeuner ; les pressions étaient relevées exactement sur les diagrammes à l'aide de l'échelle obtenue en tarant le ressort de l'indicateur. Il résulte de ces calculs que, d'une manière générale, il y a, pendant la détente, condensation dans les petits cylindres et vaporisation dans les grands (1). Le *Tableau* E indique les résultats obtenus avec les diagrammes relevés à l'arrière. La condensation dans les petits cylindres peut être estimée, en moyenne, à 4 ou 5 % du poids initial ; elle semble être un peu plus forte à l'arrière qu'à l'avant, ce qui pourrait s'expliquer par l'action refroidissante de la tige de piston. Quant à la vaporisation aux grands cylindres, elle est assez variable et ne dépasse guère 7 à 8 %, si l'on excepte les diagrammes N°s 15′ et 18′ qui, le premier surtout, constituent une anomalie.

Remarquons enfin que la différence des poids de vapeur constatée au petit cylindre ne peut être attribuée à une fuite, les pistons ayant été pourvus de segments neufs au cours des expériences.

---

(1) Il y a, on le sait, à la fois condensation et revaporisation pendant la détente, et pendant la compression. Nous désignerons par les mots de *condensation* et *vaporisation* celui de ces deux phénomènes inverses qui l'emporte sur l'autre, et aussi l'excédent du plus important.

TABLEAU E.

Poids de la vapeur apparente au commencement et à la fin de la détente.

TRAIN 11 DU 23 NOVEMBRE 1886 (Arrière du cylindre).

DÉSIGNATION des diagrammes.		Admission en centièmes de la course.	POIDS DE LA VAPEUR. Commencement de la détente.	POIDS DE LA VAPEUR. Fin de la détente.	Différences des poids.	RAPPORT AU POIDS INITIAL. du poids de vapeur condensée.	RAPPORT AU POIDS INITIAL. du poids d'eau vaporisée.
N° 3′	Hte Pression.	57	170gr.	162gr.	— 8gr.	4,7 %	»
	Bsse Pression.	52	117	126	+ 9	»	7,7 %
» 7′	H.P.....	57	173	165	— 8	4,6	»
	B. P.....	52	138	148	+ 10	»	7,2
» 9′	H.P.....	59	178	172	— 6	3,4	»
	B. P.....	54	133	140	+ 7	»	5,2
» 11′	H.P.....	45,5	137	134	— 3	2,2	»
	B. P.....	54	86	88	+ 2	»	2,3
» 12′	H.P.....	45,5	136	131	— 5	3,7	»
	B. P.....	57	97	103	+ 6	»	6,2
» 14′	H.P.... .	45,5	138	129	— 9	6,5	»
	B. P.....	57	92	99	+ 7	»	7,6
» 15′	H.P.... ...	41,5	133	127	— 6	4,5	»
	B. P.....	59	82	104	+ 22	»	27
» 17′	H.P.....	60	175	164	— 11	6,3	»
	B. P.....	54	124	131	+ 7	»	5,6
» 18′	H.P.....	60	177	168	— 9	5,1	»
	B. P.....	54	130	150	+ 20	»	15,4
» 19′	H.P.....	64	186	175	— 11	5,9	»
	B. P..	54	143	154	+ 11	»	7,7
» 20′	H.P.....	64	181	174	— 7	3,9	»
	B. P.....	54	140	150	+ 10	»	7,1
» 21′	H.P.....	44	137	129	— 8	5,8	»
	B. P.....	55	85	92	+ 7	»	8,2
TRAIN 11 DU 5 NOVEMBRE. — Cylindre à haute pression (Avant).							
N° 1.....		68	178	173	— 5	2,8	»
» 4.....		62	161	164	+ 3	»	1,9
» 5.....		52,5	121	116	— 5	4,1	»
» 6.....		66	170,5	168	— 2,5	1,5	»
» 7.....		57,5	148	150	+ 2	»	1,3
» 8.....		69,5	194	199	+ 5	»	2,6
» 9.....		37	85	82	— 3	3,5	»

NOTA. — Les différences sont affectées du signe + lorsqu'il y a vaporisation, et du signe — lorsqu'il y a condensation.

ÉCHAPPEMENT DES PETITS CYLINDRES.

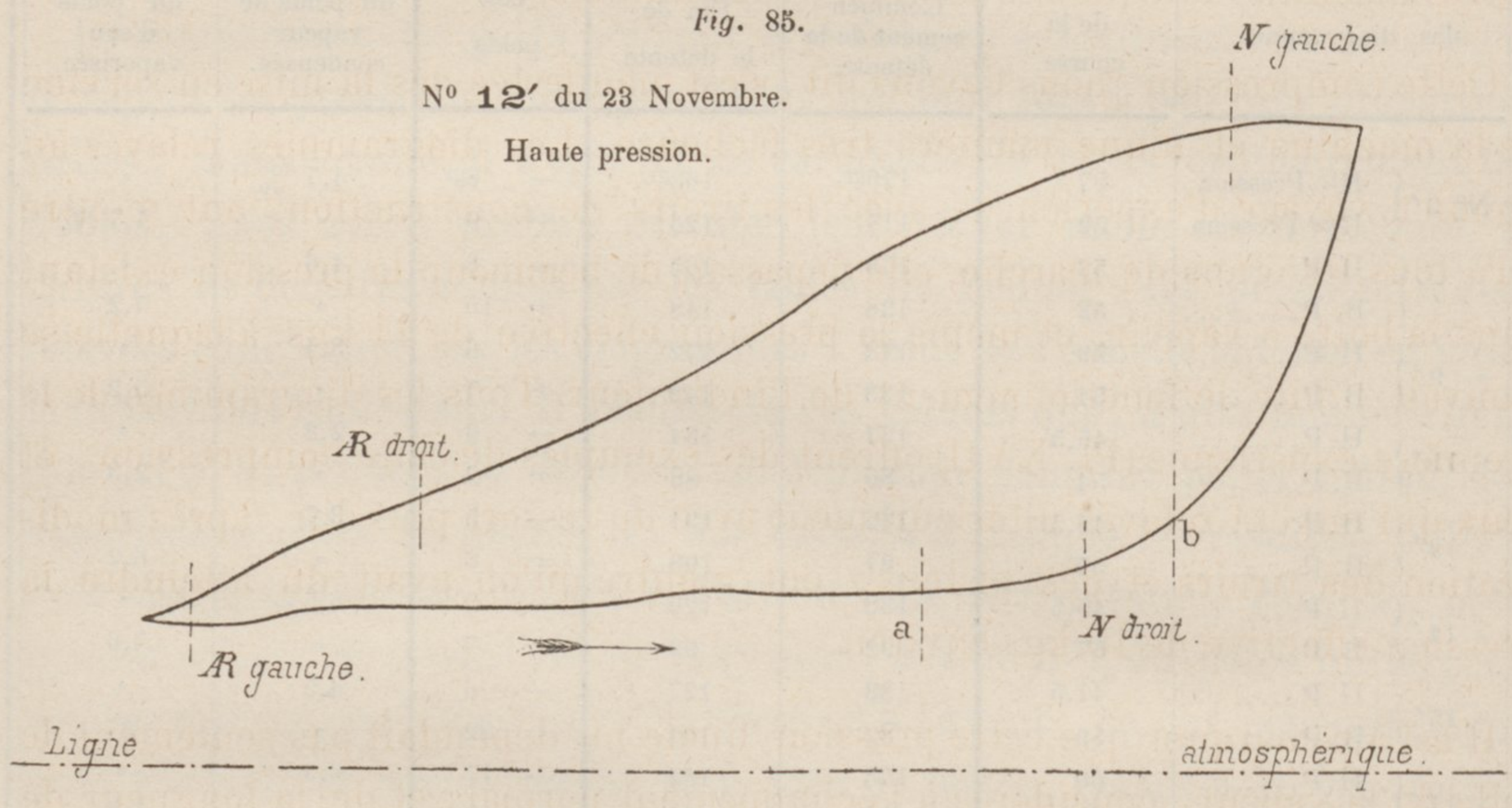
L'échappement se produit aux cylindres à haute pression en deux périodes distinctes présentant des caractères à peu près constants. L'échappement anticipé a lieu, en pleine marche, avec une chûte de pression variable, mais la courbe qui le figure ne s'abaisse pas rapidement au-dessous de celle de

détente, et peut parfois être considérée comme lui faisant suite jusqu'à la fin de la course directe ; c'est, du moins, ce qu'on observe dans le cas des faibles admissions, et ce qui semble dénoter une revaporisation très sensible ; mais, dès le début de la course rétrograde, il se produit souvent une élévation de pression dans le cylindre, comme l'indique le diagramme ci-dessous (Fig. 85).

Fig. 85.

N° **12'** du 23 Novembre.

Haute pression.



Pendant l'échappement normal, la pression reste à peu près constante jusqu'au point de la course où la section de passage se trouve réduite environ aux 2/3 de la section primitive, c'est-à-dire de celle de la lumière.

Le diagramme ci-dessus a été relevé sur la face arrière du piston côté droit, dont les positions sont indiquées pour les quatre coups d'échappement des petits cylindres, en prenant le moment où la lumière commence à s'ouvrir ; les points *a* et *b* limitent le chemin parcouru par le piston pendant la fermeture de la lumière, le premier correspondant au moment où le bord intérieur du tiroir passe sur le bord extérieur de la lumière d'arrière, et le second au moment où ce même bord passe sur l'arête intérieure de la lumière et la ferme complètement.

On voit que pendant l'échappement normal du cylindre côté droit à l'arrière, deux coups d'échappement ont amené la vapeur dans le réservoir intermédiaire; le premier venant du cylindre de gauche à l'arrière, s'est produit pendant que la lumière était encore entièrement ouverte ; le second venant du cylindre de droite à l'avant a eu lieu pendant la fermeture de cette lumière. Le premier de ces coups précède immédiatement et explique l'élévation brusque de pression constatée sur un grand nombre de diagrammes à l'origine

de la course, comme l'indique le diagramme N° 12′ (Fig. 85); le second, au contraire, n'est accusé nulle part.

ÉCHAPPEMENT DES GRANDS CYLINDRES.

L'échappemement des grands cylindres donne lieu à une observation assez importante sur laquelle nous aurons à revenir ; il est très fort pour les pressions élevées au réservoir et se trouve, au contraire, plus faible que dans les autres machines lorsque ces pressions sont minimes.

COMPRESSION DANS LES PETITS CYLINDRES.

Cette compression, nous l'avons dit, s'est manifestée dès la mise en service de la machine et d'une manière très fâcheuse. Les diagrammes relevés au premier voyage d'expérience, avec les tiroirs de construction, ont montré qu'à tous les crans de marche, elle dépassait de beaucoup la pression existant dans la boîte à vapeur, et même la pression effective de 11 kgs. à laquelle se trouvait limité le fonctionnement de l'indicateur. Tous les diagrammes de la première expérience (Pl. XVII) offrent des exemples de cette compression, et ceux qui ont été relevés ultérieurement avec un ressort plus dur, après modification des tiroirs et des pistons, ont montré qu'on avait dû atteindre la pression effective de 15 kgs environ.

COMPRESSION ANTICIPÉE.

Il est à remarquer que cette pression finale ne dépendait pas seulement de celle de la vapeur, considérée à l'échappement normal, et de la longueur de la période de compression, mais qu'elle tenait aussi, et tient encore maintenant en partie, à la compression *anticipée*. résultant de la fermeture de la lumière, période que nous figurons sur le diagramme N° 12′ déjà mentionné. Il se passe là, d'une manière très accentuée, un phénomène inverse de la chûte de pression à l'admission, par suite de l'étranglement de l'orifice, avant sa fermeture définitive; l'élévation de pression qui en résulte n'est guère influencée par la vitesse, car les diagrammes relevés aux différentes admissions au démarrage ont fourni, sous ce rapport, des résultats peu différents de ceux obtenus en marche, comme on peut le voir Fig. 8′ et 11′ Pl. XVII et sur un diagramme spécial qui sera donné dans le prochain Numéro. En moyenne, la compression anticipée est supérieure à 1 kg., et elle atteint parfois 2 kgs. comme cela existait avec la distribution primitive ; l'inconvénient subsiste donc, les modifications qui ont été faites n'étant pas de nature à le supprimer.

MODIFICATIONS DES TIROIRS.

On a d'abord coupé $3^m/_m$ sur chacun des recouvrements intérieurs des tiroirs des petits cylindres, ce qui donnait un découvert de $2^m/_m$ de chaque côté, pour la position moyenne, et en même temps, on a coupé $2^m/_m$ sur chacun des recouvrements extérieurs pour augmenter à la fois l'avance à

l'admission et l'ouverture maxima qui semblaient trop faibles. A la suite de ces modifications, la chûte de pression pendant la période d'admission n'a pas semblé notablement amoindrie, les ouvertures se trouvant encore insuffisantes ; d'autre part, pour une même quantité de vapeur dépensée, les crans de marche se sont trouvés un peu changés et rapprochés du cran zéro, ce qui augmentait la période de compression, et faisait perdre en partie le bénéfice qu'on pouvait attendre de la diminution des recouvrements intérieurs. On a donc coupé de nouveau $2^m/_m$ sur chacun de ces derniers, ce qui a porté à $4^m/_m$ le recouvrement négatif de chaque côté. Il s'ensuit que les lumières communiquent entre elles pendant l'échappement, pour un parcours du tiroir égal à $8^m/_m$ au moment où sa vitesse est maxima ; il n'en est résulté aucun inconvénient, les diagrammes n'indiquant nullement une réaction de l'un des échappements sur l'autre pour un même cylindre ; cela s'explique à l'examen du diagramme N° 12′, ci-dessus, relevé sur la face arrière. Le coup d'échappement d'avant figuré entre les points *a* et *b*, s'est produit pendant la fermeture de la lumière d'arrière, au moment où la pression de ce côté, relevée comme nous l'avons dit, par l'effet de l'étranglement, n'était que peu inférieure à celle de la vapeur d'avant qui trouvait un large débouché par la lumière centrale.

Cette nouvelle réduction des bandes intérieures a diminué la compression d'une manière très appréciable, et la marche de la machine a été améliorée ; toutefois, et en conservant aux tiroirs les proportions que nous venons d'indiquer, un autre moyen a été employé pour atténuer, autant que possible, le défaut qui subsistait encore ; c'est le remplacement des pistons à plateaux par d'autres évidés comme l'indique la Fig. 2. Pl. XV, de manière à augmenter le volume des espaces nuisibles, et à modifier avantageusement, par cette constante, le rapport entre le volume initial et le volume final de la vapeur reprise pour la compression.

Pour déterminer l'augmentation à apporter aux espaces nuisibles, nous avons supposé que la compression s'effectuait suivant la loi de Mariotte, hypothèse admissible dans un calcul de ce genre. Soient :

v_0 le volume de la vapeur au moment où l'échappement cesse, y compris l'espace nuisible primitif.

p_0 la pression absolue correspondante.

v_1 le volume de la vapeur à la fin de la compression, c'est-à-dire l'espace nuisible augmenté du volume engendré par le piston pendant le refoulement.

p_1 la pression absolue finale qui ne doit pas être dépassée.

x le volume à ajouter aux volumes primitifs v_1 et v_1 pour obtenir la pression maxima p_1.

On a, d'après la loi de Mariotte :

$$p_0 (v_0 + x) = p_1 (v_1 + x)$$

d'où
$$x = \frac{p_0 v_0 - p_1 v_1}{p_1 - p_0}.$$

Pour toutes le admissions p_1 est constant et v_1 l'est sensiblement ; v_0 le volume de la vapeur confinée au commencemant de la compression est d'autant plus faible que l'admission est plus grande, et d'autre part, c'est pour les grandes admissions aux petits cylindres que la pression de la vapeur qui s'en échappe est le plus élevée, de sorte que le produit $p_0 v_0$, sans être constant pour tous les crans de marche, n'est pas très variable, et finalement on peut admettre que la plus grande valeur de x correspond au minimum du dénominateur, c'est-à-dire au maximum de p_0.

Pour le calcul numérique, nous avons supposé la marche au cran 6, donnant une admission de 63 %, et nous avons admis une pression effective de $5^{kgs.}$ à l'échappement normal. D'après ce qui a été dit plus haut, au sujet de la compression anticipée, il convenait de prendre pour p_0 la valeur réelle au moment de la fermeture. Sur les diagrammes relevés dans les conditions indiquées ci-dessus, on trouve $p_0 = 7,5^{kgs.}$ (pression absolue), $v_0 = 8,^{d.c.}75$ et $v_1 = 4,^{d.c.}53$; en admettant que la pression absolue p_1 dans le cylindre ne doive pas dépasser $11,^{kgs.}15$, la formule donne : $x = 3^{d.c.}37$. Ce volume étant supérieur à celui qu'on pouvait obtenir par l'évidement du piston, on était conduit à aller aussi loin que possible ; les nouveaux pistons ont donc été construits d'après cette donnée, et leur évidement présente sur chaque face un volume de $2,^{d.c.}4$. Il s'ensuit que les espaces nuisibles évalués en centièmes du volume du cylindre ont été les suivants :

AVEC PISTONS DE CONSTRUCTION.		AVEC PISTONS NOUVEAUX.
avant..... ...	8,4 %	13 %
arrière.....	8,0	12,6

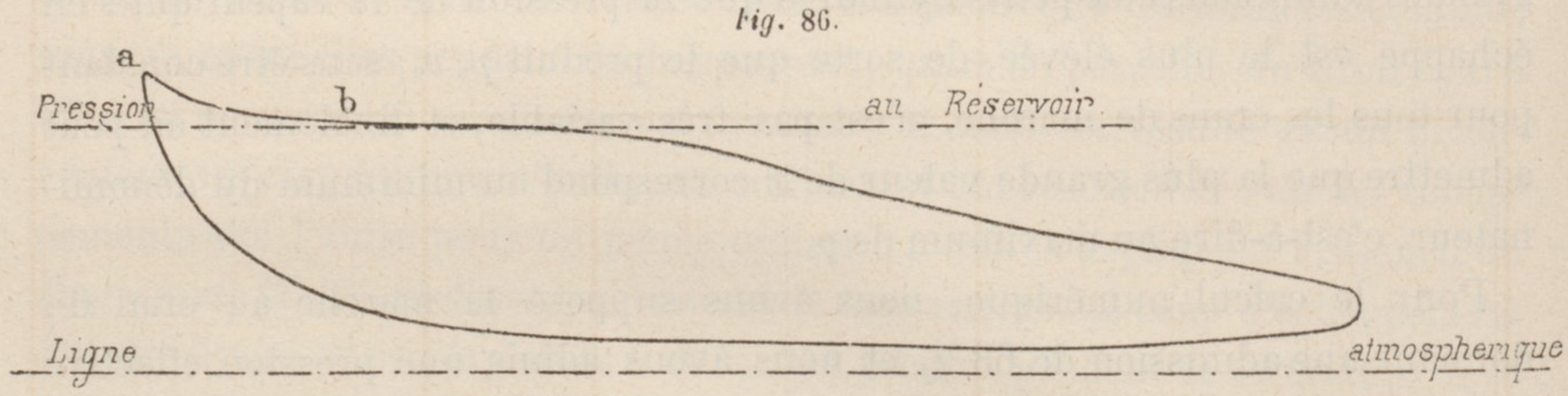
Les diagrammes relevés à la dernière expérience et figurés (Pl. XVII) ont montré que par suite de cette modification, la compression ne dépassait pas $12^{kgs.}$ effectifs, et qu'elle était généralement limitée à la pression existant dans la boîte à vapeur.

COMPRESSION DANS LES GRANDS CYLINDRES.

La pression effective d'échappement normal aux grands cylindres varie de $0,^{kg.}5$ à $0,^{kg.}1$, suivant que la pression au réservoir est plus ou moins élevée ; en outre, la période de compression augmente lorsque l'admission diminue,

c'est-à-dire lorsque la pression au réservoir augmente, il s'ensuit que la pression finale avant l'admission dépasse souvent celle qui existe au réservoir; cet inconvénient, sans être grave, a conduit cependant à couper, de chaque côté des tiroirs, le recouvrement intérieur de $1^m/_m$, de telle sorte qu'ils sont bord à bord avec les lumières, pour la position moyenne. L'excès de compression que nous venons de signaler semble expliquer une particularité que présentent souvent les diagrammes à l'origine de la course. Nous reproduisons ci-après (Fig. 86), l'un d'eux comme exemple :

Fig. 86.



La pression dans le cylindre, au moment où la lumière s'ouvre pour l'admission, dépasse celle du réservoir intermédiaire, et l'équilibre semble ne pas s'établir immédiatement; il s'ensuit que l'abaissement *ab* ne représente pas une chûte de pression du réservoir au grand cylindre. Quant à cette persistance d'une surélévation que beaucoup de diagrammes ne présentent pas, elle peut tenir aux variations de pression rapides, et parfois assez notables, qui se produisent au réservoir et paraissent indiquer que son volume est un peu insuffisant.

Nous avons cherché quels étaient les poids de la vapeur confinée dans les cylindres, espaces nuisibles compris, au commencement et à la fin de la compression, comme nous l'avions fait précédemment pour la détente. Ces calculs indiquent pour les petits cylindres des résultats assez variables ; on trouve soit un poids de vapeur constant, soit une condensation plus prononcée à l'avant qu'à l'arrière. Dans les grands cylindres, il y a toujours une condensation que l'on peut évaluer, en moyenne, à 27 % du poids initial. Cette divergence entre les résultats observés aux cylindres à haute et à basse pression peut être attribuée, en partie, à ce que ces derniers sont plus exposés au refroidissement et renferment de la vapeur beaucoup plus humide.

Le *Tableau* F contient les résultats obtenus avec quelques diagrammes qui, par suite des modifications apportées à la distribution, ont pu être relevés complets. Le *Tableau* G se rapporte à certains diagrammes présentant une compression exagérée ; aussi le poids final de vapeur correspond-il à la pres-

sion absolue de 12kgs., limite que ne pouvait guère dépasser le ressort d'indicateur employé dans les premières expériences.

TABLEAU F.

Poids de la vapeur apparente au commencement et à la fin de la compression.

TRAIN 11 DU 23 NOVEMBRE 1886. — (Arrière des cylindres).

DÉSIGNATION des diagrammes.		Admissions en centièmes de la course.	POIDS DE LA VAPEUR. Commencement de la compression.	POIDS DE LA VAPEUR. Fin de la compression.	Différences des poids.	RAPPORT AU POIDS INITIAL du poids de vapeur condensée.	RAPPORT AU POIDS INITIAL du poids d'eau vaporisée.
N° 3	Hte Pression.	57	45gr.	42gr.	— 3gr.	6,7 %	»
	Bsse Pression.	52	20	16	— 4	20	»
» 5′	H. P.....	27,5	42	37	— 5	11,9	»
	B. P.....	33,5	22	12	— 10	45	»
» 6′	H. P.....	37,5	37	30	— 7	19	»
	B. P.....	45,5	17	11	— 6	35,2	»
» 7′	H. P.....	57	42	40	— 2	4,8	»
	B. P.....	52	22	16	— 6	27,2	»
» 9′	H. P.....	59	40	40	0	»	»
	B. P.....	54	18	15	— 3	16,6	»
» 11′	H. P.....	45,5	46	46	0	»	»
	B. P.....	54	19	13	— 6	31,5	»
» 12′	H. P.....	45,5	40	40	0	»	»
	B. P.....	57	18	12	— 6	33,3	»
» 14′	H. P.....	45,5	37	36	— 1	2,7	»
	B. P.....	57	17	10	— 7	41	»
» 15′	H. P.....	41,5	42	44	+ 2	»	4,8 %
	B. P.....	59	17	11	— 6	35,2	»
» 17′	H. P.....	60	42	42	0	0	»
	B. P.....	54	22	16	— 6	27,3	»
» 18′	H. P.....	60	42	42	0	»	»
	B. P.....	54	20	14	— 6	30	»
» 19′	H. P.....	64	36	36	0	»	»
	B. P.....	54	19	16	— 3	15,8	»
» 20′	H. P.....	64	39	39	0	»	»
	B. P.....	54	19	16	— 3	15,8	»
» 21′	H. P.....	44	46	47	+ 1	»	2,2
	B. P.....	55	21	14	— 7	33,3	»
TRAIN 11 DU 5 NOVEMBRE. — Cylindre à haute pression (Avant).							
N° 1.....		68	29	28	— 1	3,5	»
» 4.....		62	30	24	— 6	20	»
» 5.....		52,5	37	30	— 7	19	»
» 7.....		57,5	36	31	— 5	14	»
» 8.....		69,5	30	24,5	— 5,5	18	»
» 9.....		37	32	26	— 6	19	»
» 12.....		32	29	33	— 6	15	»

NOTA. — Les différences sont affectées du signe + lorsqu'il y a vaporisation, et du signe — lorsqu'il y a condensation.
Les diagrammes Nos 5′ et 6′ du 23 Novembre ont été relevés au démarrage.

TABLEAU G.

Poids de la vapeur apparente pendant la compression.

TRAIN 11 DU 23 JUILLET 1886. — Cylindre à haute pression Avant).

Numéros d'ordre des diagrammes.	Admissions en centièmes de la course.	POIDS DE LA VAPEUR PRÉSENTE AU CYLINDRE		Différences des poids.	RAPPORT AU POIDS INITIAL	
		au commencement de la compression.	pour une compression absolue de 12 kg.		du poids de vapeur condensée.	du poids d'eau vaporisée.
4	67	38gr.	34gr.	— 4gr.	10,5 %	»
6	34	34	34,5	+ 0,5	»	1,5 %
9	52,5	32	33	+ 1	»	3
10	52,5	32	33	+ 1	»	3
12	52,5	48	45	— 3	6,2	»
13	61	45	39	— 6	13,3	»
14	66	44	40	— 4	9,1	»
15	34	36	32	— 4	11,1	»
16	28	35	32	— 3	8.5	»
17	24	36	28	— 8	22	»

2° CONSOMMATIONS.

CONSOMMATION DE COMBUSTIBLE.

La consommation de combustible des locomotives à grande vitesse étant assez variable, celle de la locomotive compound 701 a d'abord été comparée, d'après chaque relevé mensuel, à la consommation de la machine ordinaire qui avait brûlé le moins en faisant le même service. Cette première comparaison a donc été faite dans les conditions les plus rigoureuses, et les plus défavorables pour la locomotive compound; les résultats qu'elle a fournis sont contenus dans le tableau suivant :

PÉRIODES OBSERVÉES.	CONSOMMATION MOYENNE DE COMBUSTIBLE PAR KILOMÈTRE		
	de la locomotive compound 701.	de la locomotive ordinaire à grande vitesse qui a brûlé le moins de charbon.	
			Nos des machines.
Du 1er Janvier au 1er Novembre 1886	7kg,9	8kg,06	»
Novembre 1886	7 ,6	8 ,2	2.871
Décembre d°	8 ,2	8 ,2	2.877
Janvier 1887	»	»	»
Février d°	8 ,2	8 ,7	2.875
Mars d°	7 ,9	8 ,4	2.876
Avril d°	7 ,6	8 ,1	2.877
Mai d°	7 ,4	8 ,25	2.894

Il ressort de ce tableau que la consommation moyenne kilométrique pendant les mois de Novembre et Décembre 1886, Février à Mai 1887, a été de $7^{kgs.}$,81 pour la locomotive compound ; or, en prenant la moyenne des consommations des six machines ordinaires, qui, dans ces six mois et à raison d'une locomotive chaque mois, se trouvaient en tête de la liste de consommation, immédiatement après la machine compound, on relève, comme consommation la plus faible, le chiffre de $8^{kg2.}$,31 d'où un avantage de $0^{kg.}$,50 pour la machine compound sur les plus économiques des autres machines express.

Si maintenant on veut comparer ce chiffre de $7^{kgs.}$,81, relatif à la locomotive 701, avec les moyennes des consommations de toutes les locomotives express qui font le même service, on obtient les résultats consignés au tableau ci-après :

PÉRIODES OBSERVÉES.	NOMBRE de machines.	CONSOMMATIONS MOYENNES par kilomètre, des locomotives ordinaires à grande vitesse au dépôt de Paris.
Janvier 1887	27	$9^{kg.}$,7
Février d°	28	9 .6
Mars d°	24	9 ,7
Avril d°	26	9 ,7
Mai d°	26	9 ,6

La consommation moyenne de $7^{kgs.}$,81 trouvée pour la locomotive 701 a donc été inférieure de 1,8 à 1,9 kg. à la moyenne générale se rapportant aux machines du même type non compound, soit une différence de 19 % environ.

A titre de renseignement complémentaire, nous indiquerons ci-après la composition et la nature du combustible brûlé par les locomotives à grande vitesse de la Compagnie du Nord :

COMPOSITION : { Moitié tout venant à 30 % de gailleterie.
Moitié fines à $4^{c.m.}$ criblées entre barreaux longs.

NATURE : { $\frac{1}{3}$ de charbon demi-gras à 17 % environ de matières volatiles.
$\frac{2}{3}$ de charbon gras à 23 % d° d°.

CONSOMMATION D'EAU.

Au cours des expériences, quelques consommations d'eau ont été relevées sur la locomotive compound. La caisse à eau du tender dont la capacité est de $13^{m.c.}$,5 avait été jaugée préalablement, et la hauteur du niveau était mesurée, pendant les arrêts du train, à l'aide d'une règle graduée dont chaque

division correspondait à un hectolitre. Pour connaître aussi exactement que possible le volume d'eau introduit dans la chaudière, on a évalué, au premier voyage d'expérience, la quantité dépensée pour l'arrosage du charbon et l'amorçage des injecteurs. Cette dépense, qui était de 3 litres environ par kilomètre pour la locomotive 701, a été déduite, à chaque expérience, de la quantité d'eau sortie du tender. Les charges remorquées ont été enregistrées, ce qui a permis de calculer les consommations d'eau par tonne kilomètre.

La moyenne des consommations d'eau pour quatre voyages effectués entre Paris et Lille, a varié de 0,47 à 0,53 litres par tonne kilomètre, suivant l'état des rails plus ou moins favorable à l'adhérence. Une seule expérience faite avec une locomotive ordinaire a donné, pour consommation, 0,57 litres.

Enfin, la moyenne des consommations d'eau totales de la locomotive 701 au train 11 entre Paris et Lille a été de $14^{m.c.},200$, tandis que dans diverses évaluations se rapportant à des machines ordinaires, on n'a pas trouvé moins de $16^{m.c.}$ pour ce même train. Toutefois, la différence, à l'avantage de la machine 701, ne saurait être attribuée exclusivement au fonctionnement compound et peut tenir à diverses autres causes.

CONSOMMATION D'HUILE.

Pour le mécanisme extérieur de la locomotive compound, les pistons seuls entraînent une augmentation de dépense d'huile un peu notable. Cependant, la consommation totale de graissage de cette machine est de beaucoup supérieure à la moyenne de celles des autres locomotives faisant le même service. Cela tient surtout à la disposition des boîtes d'arrière qui occasionnent une dépense d'huile tout à fait anormale. Pour ce motif, il est impossible d'établir, même approximativement, entre les deux types de machines, une comparaison des consommations.

(*A continuer*).

Ligne de Katrineholm-Göteborg.

La ligne de Katrineholm à Göteborg passe par Hallsberg, Laxa, Sköfde, embranchement pour Karlsborg sur le lac Wetter ; Falköping où aboutit la ligne venant de Nassjö et arrive enfin à Göteborg.

Göteborg est la ville de Suède la plus considérable après Stockholm, sa population dépasse 80.000 habitants, elle renferme des fabriques importantes ; c'est également un des ports les plus fréquentés de la côte ; des services réguliers relient Göteborg au Danemark, à Hambourg, à l'Angleterre par Glasgow, Hull et Londres, à Anvers, au Hâvre et enfin à New-York. La majeure partie du commerce d'exportation de la Suède se fait par Göteborg.

Ligne de Laxa à Charlottenberg.

La ligne de Laxa à Charlottenberg relie Stockholm avec Christiania ; les villes de Kristinehamn, Karlstad et Charlottenberg que l'on rencontre sur ce parcours ne présentent rien de bien particulier ; Karlstad situé au nord du lac Vener est cependant le chef-lieu de la province du Wermland.

Ligne de Stockholm à Storlien.

La ligne de Stockholm à Storlien et à la frontière norwégienne, vers Drontheim, est actuellement, croyons-nous, la ligne de chemin de fer qui s'élève le plus au nord en Europe : la dernière section d'Ostersund à Storlien et son prolongement sur le territoire norwégien jusqu'à Drontheim se trouvent, en effet, au-dessus du 63e degré de latitude nord, c'est-à-dire à moins de quatre degrés du cercle polaire.

En partant de Stockholm, on rencontre, tout d'abord, Upsal, célèbre par son Université ; Sala, où l'on exploite des mines d'argent ; Krylbo et Storvik, points de raccordement avec les lignes qui desservent la Dalécarlie ; Kilafors, tête de l'embranchement de Söderhamn, puis Bollnäs.

Bollnäs n'est pas très important, mais pendant le service d'hiver, c'est-à-dire pendant huit mois de l'année au moins, le train parti le matin de Stockholm à neuf heures et demie, s'arrête à Bollnäs à sept heures et demie du soir et y passe la nuit. La station possède, d'ailleurs, un buffet-hôtel très convenablement installé (1).

Le lendemain, les voyageurs repartent à six heures du matin pour Ostersund, en passant par Ange et Bräcke, embranchements pour Sundsvall et Ragunda ; Bräcke est, de plus, un point d'expédition très important pour les bois. Le train arrive à Ostersund à six heures et demie du soir, et ne repart encore que le lendemain matin à sept heures et demie pour Storlien et Drontheim où il arrive le 3e jour à huit heures et demie du soir. Pendant les mois d'été, il y a un train direct de Stockholm à Drontheim, le trajet dure 32 heures pour un parcours total de 854 kilomètres.

Lignes de Nassjö à Falköping et d'Hallsberg à Mjölby.

Les deux embranchements de Nassjö à Falköping et d'Hallsberg à Mjölby servent à établir les relations, le premier, entre Malmö et Göteborg, le deuxième, entre Malmö et Christiania ; ces dernières sont peu importantes.

De Nassjö à Falköping, on rencontre Jonköping, au sud du lac Wetter, siège d'un gouvernement provincial et d'une cour d'appel ; c'est également à Jonköping que se fabriquent les allumettes suédoises.

Entre Hallsberg et Mjölby se trouve Motala dont il a été parlé plus haut.

---

(1) Le service des buffets sur les lignes suédoises mérite une mention particulière. Sur une table placée au centre de la salle se trouvent des assiettes, couteaux, serviettes, et les différents plats composant le repas : potage, poissons, œufs, viandes, légumes, entremets, dessert. Chacun se sert à sa guise et peut prendre de chaque plat autant qu'il veut, pendant le stationnement du train, soit pendant 15 à 20 minutes. La plupart des voyageurs mangent debout, d'autres s'installent à de petites tables. Le prix du repas est d'une couronne et demie, soit 2fr.10. Les boissons seules, bière, vin, lait, café, sont apportées par le personnel du buffet et se paient à part. Il n'est pas servi de liqueurs, la législation suédoise interdisant absolument la vente des spiritueux au détail.

LONGUEUR TOTALE DES CHEMINS DE FER EXPLOITÉS EN SUÈDE.

La longueur totale des chemins de fer exploités en Suède s'élevait, au 31 Décembre 1885, à 6.892^{kil}, en y comprenant 1.382^{kil} de lignes à voie étroite avec des écartements divers ; le réseau de l'État ayant une longueur de 2.387^{kil} représente ainsi à lui seul le tiers de l'ensemble des chemins suédois ; il convient, en outre, de rappeler que les lignes de l'État sont toutes construites avec la voie normale, à l'écartement de 1^{m},435.

La statistique des chemins de fer suédois (1), à laquelle nous empruntons les chiffres ci-dessus, de même que ceux qui vont suivre, répartit ainsi les différentes lignes exploitées à la fin de 1885.

	VOIE NORMALE.	VOIE ÉTROITE.	TOTAUX.
Chemins de fer de l'État	2.387	»	2.387
a. — Lignes raccordées aux chemins de fer de l'État	2.199	742	2.941
b. — Lignes raccordées aux lignes du groupe *a*	742	437	1.179
c. — Lignes raccordées aux lignes du groupe *b*	128	85	213
d. — Lignes raccordées aux lignes du groupe *c*	43	»	43
Lignes isolées	11	118	129
Totaux	5.510	1.382	6.892

Cette longueur de 6.892 kilomètres représente (2) :

15$^{kil.}$,53 par 10.000 habitants,
2, 54 par 100 kilomètres carrés.

DÉPENSES DE PREMIER ÉTABLISSEMENT.

Les frais de premier établissement s'élevaient, le 31 Décembre 1885, à la somme de ..... 669.200.000$^{fr.}$ 00
Dans ce chiffre, les lignes de l'État figurent à elles seules pour 321.219.207 00

Les prix de revient par kilomètre sont les suivants :

État ..... 135.800$^{fr.}$ 00
Compagnies particulières, lignes à voie normale 92.400 00
Compagnies particulières, lignes à voie étroite 50.400 00

Ce sont là les dépenses réellement faites pour le premier établissement des lignes, y compris la fourniture du matériel roulant ; si l'on ajoute aux chiffres ci-dessus la valeur des approvisionnements,

(1) Statistique générale des chemins de fer suédois pour 1884, avec divers renseignements sur le trafic des chemins de fer en 1885. (Stockholm, imp, de H.-L. Beckman, 1886)

La *Revue générale* a publié les statistiques des chemins de fer du Danemark, de la Norwège et de la Suède : pour l'année 1877, dans le N° d'Août 1879, p. 157 ; pour l'année 1878, dans le N° d'Avril 1881, p. 386 ; et pour l'année 1883, dans le N° de Juin 1886, p. 434.

(2) En France il existait au 1er Janvier 1886 11$^{kil.}$,493 par 10.000 habitants et 8$^{kil.}$,194 par 100 kilomètres carrés.

celle du fonds de roulement et enfin le montant des insuffisances pendant les premières années d'exploitation, on trouve :

Pour l'ensemble du réseau.....	723.800.000fr.00
Et pour les lignes de l'État.....	362.600.000 00

Le réseau de l'Etat a coûté plus cher que celui des Compagnies particulières ; quoi qu'il en soit, le prix de revient de ce réseau ne saurait être considéré comme excessif. Toutes les lignes sont à voie unique, il est vrai ; mais, sauf la section de Sundswall à Storlien, sur laquelle on rencontre des déclivités de 0m,016, les pentes et rampes ne dépassent pas l'inclinaison de 0m,010 ; le rayon minimum des courbes est de 300 mètres, les terrassements, les ouvrages d'art, la voie, nous ont paru établis dans de bonnes conditions.

Nous signalerons, cependant, que sur les lignes de Malmö à Stockholm et de Stockholm à Storlien que nous avons parcourues, c'est-à-dire sur une longueur de 1.366k., nous n'avons pas remarqué, en dehors de la traversée de Stockholm, de travaux d'art ni de terrassements de très grande importance ; les stations sont assez espacées ; l'intervalle moyen pour l'ensemble du réseau dépasse 10 kilomètres ; elles sont généralement installées d'une façon modeste, quoique suffisante pour les besoins du trafic. Ces circonstances, jointes au bon marché de la main-d'œuvre, expliquent dans une certaine mesure le peu d'élévation du prix de revient des chemins de fer de l'État de Suède.

EXPLOITATIO

Le réseau des chemins de fer de l'État de Suède, construit économiquement, est également exploité dans des conditions très avantageuses.

Le nombre de trains est réduit au strict nécessaire. Les grandes lignes seules sont desservies par des trains de voyageurs, les autres n'ont que des trains mixtes ou même des trains de marchandises, et souvent ces trains ne comprennent que des voitures de 2e et 3e classe pour ne pas augmenter la charge inutilement.

Le parcours total des trains, en 1884, n'a pas dépassé 7.100.000kil., savoir :

Trains express.....	1.887.214kil.
Trains de voyageurs et mixtes.....	2.533.465
Trains de marchandises.....	2.671.594
Trains de ballastage	7.095
Ensemble.....	7.099.368kil.

Ce chiffre correspond à une moyenne de 3.087 trains par kilomètre de ligne pour l'année entière, soit 8tr.,45 par kilométre et par jour, c'est-à-dire de quatre à cinq trains dans chaque sens.

Les sections les plus fréquentées sont celles de Falköping à Göteborg et de Stockholm à Gnesta (1) ; pour chacune d'elles on trouve 5 500tr. par kilomètre, soit un peu plus de six trains par jour dans chaque sens ; d'autre part, sur la ligne de Bräcke à Ragunda, il n'y a qu'un train par jour dans chaque sens pour desservir un embranchement de 80 kilom. de longueur.

Réglementation

La réglementation est très simple. Le règlement d'exploitation pour les chemins de fer de l'État, édicté par arrêté royal du 26 Janvier 1877, comprend en tout quatre chapitres qui se subdivisent

(1) Gnesta est situé à 66 kilom. de Stockholm, sur la section de Stockholm à Katrineholm commune aux trois grandes directions de Stockholm à Malmö, Göteborg et Christiania.

en 141 articles. Le chapitre 1er comprend 27 articles, il est relatif au personnel ; conditions d'admission, hiérarchie, discipline, habillement, etc...

Le chapitre second, divisé en 20 articles, constitue le règlement des signaux ; des figures coloriées, intercalées dans le texte, font comprendre aisément le fonctionnement des appareils, ainsi que les mouvements à exécuter.

Dans le troisième chapitre sont énumérées les règles de sécurité à observer sur la voie, dans les stations et dans les trains ; il se divise en 58 articles. Enfin, le quatrième chapitre renferme un certain nombre de dispositions générales concernant également la voie, les stations et les trains; il comprend 36 articles.

Un dessin du gabarit, un tableau de conversion des anciennes mesures de longueur, surface, volume et poids en unités du système métrique, et, enfin un extrait de la loi pénale complètent le règlement. L'ensemble forme un carnet de dimensions assez réduites, dix centimètres sur dix-huit, et ne contenant pas plus d'une centaine de pages imprimées en gros caractères.

Personnel. Le personnel fixe attaché à l'Administration des chemins de fer de l'État de Suède, en 1884, comprenait 4.481 agents, savoir :

Administration générale.		
Directeur général	1	
Directeurs supérieurs	4	
Inspecteur	1	
Personnel des bureaux	61	
Total pour l'Administration Centrale	67	67
Service de la Voie.		
Administration Centrale	4	
LIGNE		
Directeurs et Ingénieurs	27	
Agents comptables	3	
Chefs de section	23	
Chefs de district	120	
Garde-lignes	1328	
Portier	1	
Total pour la Voie	1506	1506
Service de la Traction.		
Administration Centrale	2	
LIGNE.		
Directeurs, Ingénieurs, Chefs d'atelier	22	
Dessinateurs, Comptables, Employés	65	
Mécaniciens-chefs et mécaniciens	219	
Chauffeurs et apprentis-chauffeurs	216	
Nettoyeurs de machines	14	
Services de l'alimentation et des combustibles	33	
Chefs d'entretien et d'atelier	20	
Nettoyeurs et graisseurs	127	
Total pour la Traction	718	718
A REPORTER		2891

Report.....		2291
Service de l'Exploitation.		
Administration Centrale.....	72	
LIGNE		
Directeurs et adjoints	14	
Chefs de station.....	220	
Receveurs, Inspecteurs du télégraphe, comptables...	16	
Employés de station et télégraphistes.....	391	
Chefs d'équipe.....	206	
Hommes d'équipe	978	
Portiers, Surveillants, porteurs d'ordres.....	33	
Conducteurs-chefs et conducteurs	208	
Facteurs	52	
Total pour l'Exploitation	2190	2190
Total général.....		4481

Ce chiffre correspond à un peu moins de deux agents par kilomètre (1).

Le taux des traitements n'est pas élevé.

D'après l'arrêté royal du 23 Octobre 1874, les agents sont divisés en 25 classes, à chacune desquelles sont attribués les émoluments ci-après :

1re classe.....	5.880fr. 00	par année
2e »	5.460	
3e »	5.040	

La diminution est de 420fr. par classe jusqu'à la

9e classe.....	2.520fr.
10e »	2.100
11e »	1.680
12e »	1.512
13e »	1.344
14e »	1.260

La diminution est de 84fr. 00 par classe jusqu'à la

25e classe	336fr.

Le même arrêté détermine les classes qui correspondent aux différents grades, en voici quelques exemples :

(1) Au 31 Décembre 1883, le personnel employé sur les chemins de fer français atteignait le chiffre de 240.972 employés ou 8,74 agents par kilomètre pour les lignes d'intérêt général, et de 5.319 employés ou 2,82 agents pour les lignes d'intérêt local.

DÉSIGNATION DES GRADES.	CLASSES.	TRAITEMENTS ANNUELS.
Directeurs de la Voie, de la Traction et de l'Exploitation.....	5 — 1	4.200 à 5.880
Ingénieurs de la Voie	11 — 3	1.680 à 5.040
Ingénieurs de la Traction	9 — 2	2.520 à 5.460
Inspecteurs de Station.....	11 — 3	1.680 à 5.040
Chefs de District	19 — 14	840 à 1.260
Mécaniciens.....	13 — 9	1.344 à 2.520
Chefs de Station et Agents des Trains	17 — 10	1.018 à 2.100
Facteurs	19 — 14	840 à 1.260
Garde-lignes.....	25 — 20	336 à 756
Nettoyeurs de la Traction.....	25 — 17	336 à 1.008
Hommes d'équipe.....	25 — 18	336 à 924

Les agents qui ne sont pas logés par l'administration reçoivent une indemnité qui peut s'élever jusqu'à 20 % du traitement à Stockholm, Göteborg et Malmö, et à 15 % dans les autres résidences.

Les fonctionnaires nommés en vertu d'une décision royale, c'est-à-dire les administrateurs, les directeurs, chefs de service et adjoints, peuvent en outre, aux termes du paragraphe 7 de l'arrêté du 23 Octobre 1874, recevoir un supplément de traitement annuel pour âge et ancienneté de service. Ce supplément est de 700 fr. par an pour un agent qui sera resté pendant cinq ans dans le même service et aura été constamment bien noté ; au bout de dix ans, le supplément s'élève à 1.400 fr.

Tarification. Les tarifs actuellement en vigueur sur les chemins de fer de l'État sont au nombre de sept ; ils ont été déterminés par un arrêté royal du 15 Octobre 1880.

Voyageurs. Tarif I. Les prix fixés pour le transport des voyageurs sont les suivants :

CLASSES.	TRAINS EXPRESS.	TRAINS DE VOYAGEURS OU MIXTES.
1re classe.....	0fr.,119 par kil.	0fr.,098 par kil.
2e d°	0 ,084 »	0 .0735 »
3e d°	0 ,056 »	0 ,049 »

Les enfants de moins de trois ans sont transportés gratuitement ; les enfants de trois à douze ans payent demi-place.

Minimum de perception : 0fr.70c., 0fr.42c., 0fr.28c., suivant la classe.

Il existe des billets d'aller et retour, valables pendant deux jours, dimanches non compris, et des cartes d'abonnement valables pendant 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9 mois, ou pour l'année entière.

Les personnes malades peuvent louer, moyennant 0fr.,42c. par kilomètre, dans les trains express ou 0fr.,35c. par kilomètre dans les trains ordinaires, un fourgon ou un wagon à marchandises qu'elles font aménager pour leur voyage ; le malade est accompagné de la personne qui le soigne.

Bagages. Tarif II.

Chaque voyageur a droit au transport gratuit de 25 kilogrammes de bagages ; les excédents sont taxés à raison de 0fr.,14 par dix kilogrammes et par cinquante kilomètres de parcours, avec minimum de perception fixé à 0fr.,35.

Ne sont acceptés comme bagages que les malles, sacs, cartons renfermant les effets personnels au voyageur.

Locomotives, tenders, wagons, bateaux, tranports funéraires Tarif III.

Les prix pour le transport des locomotives, tenders, wagons... sont fixés par le tarif N° III. Ce tarif renferme trois catégories de prix : la première applicable aux machines ; la deuxième aux tenders ; la troisième catégorie comprend trois classes pour le transport des voitures ; les voitures à voyageurs, les bateaux et les cercueils sont taxés à la deuxième classe, les wagons à la troisième.

Chevaux. Tarif IV. A. *Bestiaux.* Tarif IV. B.

Les tarifs sont établis par tête et par kilomètre ; pour le petit bétail, les prix par tête diffèrent suivant que le poids des animaux dépasse ou non le chiffre de cent kilogrammes.

Petits colis. Tarif V.

Les colis pesant moins de dix kilogrammes et mesurant moins de cinquante décimètres cubes sont taxés d'après le tarif N° V. Ce tarif est calculé par poids et par jour. Il y a trois coupures pour le poids : 0 à 2kgs, 2 à 5kgs ; 5 à 10kgs.

Les zones sont au nombre de 23, savoir :

10 zones croissant de 10 en 10 kilomètres pour les parcours de.....	0	à	100kilom.
4 zones croissant de 50 en 50 kilomètres pour les parcours de.....	100	à	300
8 zones croissant de 100 en 100 kilomètres pour le parcours de....	300	à	1000
1 zone ..... supérieure.....		à	1000

Il n'y a que dix-huit taxes, le prix le plus faible est de 0fr.,35, et le plus élevé de 2fr.,03c.

Marchandises en grande vitesse. Tarifs VI et VII.

Les marchandises expédiées en grande vitesse sont taxées d'après le tarif N° VI lorsque le poids de l'expédition n'atteint pas 5.000 kilogrammes.

Les prix sont calculés par fraction de 10kgs à raison de 0fr.,042 par 10 kilog. et 10 kilomètres, soit 0fr.,42c. par tonne et kilom. pour les parcours jusqu'à 100 kilom. Au-delà de 100 kilom. la base décroît : pour 500 kilom. elle descend à 0fr.,266 ; pour 1.000 kilom. à 0fr.,224, et, enfin, pour 1.500 kilom., elle n'est plus que de 0fr.,205.

Il est perçu, en outre, un droit d'enregistrement de 0fr.,14c. par colis.

Le poids minimum à taxer est de 20 kilog. et la perception minima de 0fr.,35c., enregistrement compris.

Les expéditions de 5.000 kilog. et au-dessus ou payant comme pour 5,000 kilog. sont taxées d'après la première série du tarif général pour les transports en petite vitesse , dont il va être parlé ci-après ; la taxe est calculée par fractions de 100 kilogrammes.

Les huîtres, homards, poissons frais, levûres et autres produits analogues, tout en payant les taxes de petite vitesse, sont, dans certains cas, transportés par les trains de voyageurs, et même par les express, lorsque le défaut de correspondance aux bifurcations ne permet pas à ces marchandises d'arriver dans un bon état de conservation.

Marchandises en petite vitesse. Tarif VII.

Pour le transport des marchandises en petite vitesse, on distingue trois cas, savoir :

Expéditions partielles { Expéditions par wagon complet de 5.000k. ou payant pour ce poids.
d° d° 8.000k. d°

Les expéditions partielles sont taxées, suivant la nature de la marchandise, à l'une des trois premières séries du tarif N° VII reproduit ci-après.

Le poids minimum à taxer est de quarante kilogrammes, et la taxe minima de 0fr.,35c..

Les expéditions par wagon complet de 5.000 kilog. ou payant pour ce poids sont taxées d'après la nature de la marchandise, à l'une des séries 4 à 8 du tarif N° VII.

Enfin, deux séries de prix 9 et 10 sont applicables aux expéditions par wagons complets de 8.000 kilogrammes.

Nous donnons ci-dessous un extrait du tarif N° VII, tel qu'il figure dans le recueil des tarifs suédois.

PARCOURS.	PRIX DE TRANSPORT PAR CENT KILOGRAMMES pour les différentes sortes de marchandises suivant la série à laquelle elles appartiennent d'après la classification.									
	EXPÉDITIONS partielles.			WAGONS COMPLETS PAR EXPÉDITION D'AU MOINS : 5000 kilogrammes.					8000 kilogr.	
KILOMÈTRES.	1re série.	2e série.	3e série.	4e série.	5e série.	6e série.	7e série.	8e série.	9e série.	10e série.
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
10	0,294	0,238	0,196	0,238	0,196	0,168	0,154	0,140	0,140	0,112
20	0,508	0,406	0,322	0,406	0,322	0,266	0,238	0,210	0,210	0,154
30	0,742	0,574	0,448	0,574	0,448	0,364	0,322	0,280	0,280	0,196
40	0,966	0,742	0,574	0,742	0,574	0,462	0,406	0,350	0,336	0,238
50	1,190	0,910	0,700	0,910	0,700	0,560	0,490	0,420	0,392	0,280
100	2,100	1,610	1,260	1,610	1,190	0,980	0,910	0,630	0,560	0,490
150	2,870	2,170	1,750	2,100	1,610	1,330	1,120	0,840	0,700	0,630
200	3,430	2,730	2,170	2,590	1,960	1,610	1,330	1,050	0,812	0,742
300	4,620	3,710	3,010	3,430	2,660	2,170	1,750	1,400	1,022	0,938
400	5,670	4,550	3,710	4,270	3,360	2,660	2,170	1,680	1,232	1,120
500	6,650	5,320	4,340	4,970	4,060	3,080	2,590	1,960	1,442	1,302
600	7,560	6,090	4,970	5,670	4,620	3,500	3,010	2,240	1,652	1,484
700	8,470	6,790	5,600	6,300	5,180	3,920	3,360	2,520	1,862	1,666
800	9,310	7,490	6,160	6,930	5,740	4,340	3,710	2,800	2,062	1,848
900	10,150	8,190	6,720	7,560	6,300	4,760	4,060	3,052	2,268	2,030
1000	10,990	8,890	7,280	8,190	6,860	5,180	4,410	3,290	2,464	2,212
1100	11,830	9,520	7,840	8,750	7,350	5,530	4,760	3,542	2,660	2,380
1200	12,600	10,150	8,330	9,310	7,840	5,880	5,040	3,780	2,856	2,548
1300	13,370	10,780	8,820	9,870	8,330	6,230	5,320	3,990	3,024	2,702
1400	14,140	11,410	9,310	10,410	8,820	6,580	5,600	4,200	3,192	2,856
1500	14,910	12,040	9,800	10,990	9,310	6,930	5,880	4,410	3,360	3,010

On voit immédiatement que tous ces prix sont à base kilométrique décroissante ; nous donnons

ci-dessous, pour les différentes séries, les bases applicables à l'origine, à 100kil., à 1.000kil., et enfin à 1.500kil.

	SÉRIES.	BASES.			
		à l'origine.	à 100 kil.	à 1000 kil.	à 1500 kil.
		fr.	fr.	fr.	fr.
EXPÉDITIONS PARTIELLES	1.	0,294	0,210	0,1099	0,0994
	2.	0,238	0,161	0,0889	0,0803
	3.	0,196	0,126	0,0728	0,0654
WAGON COMPLET 5000 KILOG.	4.	0,238	0,161	0,0819	0,0733
	5.	0,196	0,119	0,0686	0,0621
	6.	0,168	0,098	0,0518	0,0462
	7.	0,154	0,091	0,0441	0,0392
	8.	0,140	0,063	0,0329	0,0294
WAGON COMPLET 10000 KILOG.	9.	0,140	0,056	0,02464	0,0224
	10.	0,112	0,049	0,02120	0,0200

Voici enfin un extrait sommaire de la classification, de manière à faire connaître les taxes applicables aux principales marchandises :

Extraits de la Classification.

DÉSIGNATION DE LA MARCHANDISE	EXPÉDITIONS partielles.	WAGONS COMPLETS 5000 k.	WAGONS COMPLETS 8000 k.	OBSERVATIONS.
Épiceries, Légumes verts	1	»	»	
Aciers, Fers	1. 2. 3. (1)	6.7.8. (1)	»	(1) D'après la nature des objets.
Laine, Œufs, Vins en fûts	1	5	»	
Beurre, Coton en balles, Cuirs bruts, Cuivre, Esprit de vin, Étoupe, Fromage, Fruits, Graisse, Viande	2	5	»	
Carton, Graines, Tissus	2	6	»	
Planches, Verres à vitres, Verrerie commune emballée	2	7	»	
Écorces	2	8	»	
Acides, Asphalte, Bières, Céréales, Clous, Chiffons, Choux, Farine, Fécules, Harengs salés, Lentilles, Malt, Pommes de terre, Plomb, Son	3	7	»	
Ardoises, Charbons de bois, Craie, Fascines, Guano, Marbre brut, Plâtre, Potasse brute, Sel	3	8	»	
Chaux, Feldspath, Glace (eau congelée), Minerais, Tuiles, Tuyaux en poterie non vernis	3	8	9	
Engrais, Marne, Sciure de bois, Tourbe, Trèfle	3	9	9	
Bois, Houille, Coke	3	8	9 et 10 (2)	(2) D'après le parcours et la nature des objets.
Argile, Porphyre, Sable, Scories, Terre	3	8	10	

Dispositions diverses.

Les marchandises qui pèsent moins de cent kilogrammes par mètre cube sont taxées pour moitié en sus de leur poids réel.

Lorsqu'une seule expédition comprend des objets de différentes natures, mais désignés dans un même tarif, la taxe est établie d'après le poids total. Si les marchandises à transporter sont classées dans des tarifs différents, la taxe peut encore être calculée d'après le poids total, mais en appliquant le tarif le plus élevé.

Les emballages vides en retour ne sont assujettis qu'à un droit d'enregistrement de 0fr.,14c..

Lorsque le poids d'une expédition ne dépasse pas la charge d'un wagon, et que la dimension des objets à transporter nécessite cependant l'emploi de wagons supplémentaires pour effectuer le chargement, ou pour en assurer la stabilité, il est perçu pour chaque wagon ainsi utilisé 0fr.,84 par dizaine de kilomètres à parcourir. Nous ne mentionnons que pour mémoire les dispositions relatives aux substances explosives ou inflammables.

Les expéditeurs qui réclament l'emploi d'un wagon couvert ou bâché, pour le transport de marchandises taxées d'après les prix des séries 8 à 10, payent une surtaxe de 0fr.,14c. par wagon et par kilomètre.

Pour les marchandises expédiées par wagon complet, le chargement et le déchargement doivent être faits par l'expéditeur et le destinataire ; dans le cas où l'Administration consent à effectuer ces opérations, il est perçu pour chaque manutention un droit de 0fr.,70c. ou de 0fr.,42 par tonne, suivant que la marchandise est classée dans l'une des séries 4 à 7, ou dans une des trois dernières.

Nous citerons encore deux dispositions relatives au magasinage. Pour l'enlèvement des marchandises à l'arrivée, on distingue deux cas, suivant que la gare est située ou non à proximité de la localité qu'elle dessert. Dans le premier cas, il doit être pris livraison de la marchandise dans les 24 heures de l'arrivée; si, au contraire, la gare est éloignée, le délai est porté à 48 heures.

Tout expéditeur qui demande un wagon pour effectuer un chargement peut être tenu, si le chef de gare le demande, de verser une provision de 4fr.,20c.. Cette somme reste acquise au chemin de fer si l'expéditeur renonce à effectuer l'envoi annoncé.

Tarifs spéciaux.

Indépendamment du tarif général dont il vient d'être parlé, il existe encore en Suède plusieurs tarifs spéciaux pour le transport des alcools, céréales, engrais, houille, lait, produits métallurgiques, etc... Quelques-uns de ces tarifs sont kilométriques, d'autres ne s'appliquent qu'au départ de certaines gares, mais dans toutes les directions ; on y trouve enfin, des prix fermes de gare à gare.

Les céréales au départ de Motala, Fogelsta ou Linköping et à destination de Göteborg, Stockholm, des stations situées au nord de Stockholm ou au sud de cette ville jusqu'à Liljeholm sont taxées d'après les prix de la 8e série au lieu de la 7e, lorsque le poids de l'expédition dépasse 5.000k.. Le tarif contient en outre quelques prix fermes au départ de Göteborg (1).

Les houilles expédiées par wagon de 8.000kilog. jouissent d'un barême spécial pour les parcours de 0 à 200 kilomètres; les prix de ce barême sont compris entre ceux de la 9e et ceux de la 10e série.

Les houilles indigènes bénéficient d'un tarif encore plus réduit, sur toute l'étendue du réseau.

Pour les parcours de 30 à 400 kilomètres, la réduction est de près d'un tiers sur les prix de la 10e série.

Le tarif pour le transport des produits métallurgiques ne contient que des prix fermes ; de Motala à Malmö, les fers et aciers payent 14fr.,84 pour un parcours de 384 kilomètres, soit 0fr.,038 par tonne et kilomètre.

---

(1) Depuis le commencement de 1887, les céréales sont classées d'une manière générale à la 8e série.

Les tarifs spéciaux suédois ne contiennent aucune stipulation d'allongement de délai, ni de restriction relativement à la responsabilité du transporteur ; cela tient à ce qu'il n'y a pas en Suède de délai déterminé pour les transports. Lorsqu'un colis n'arrive pas à destination, l'expéditeur réclame, on recherche la marchandise et, si on la trouve, elle est livrée au destinataire ; dans le cas contraire, l'État doit en rembourser la valeur.

Le montant des indemnités à payer en cas de perte ou d'avarie, est fixé à l'amiable par l'État et l'intéressé, ou, en cas de désaccord, déterminé par trois arbitres.

RÉSULTATS DE L'EXPLOITATION. *Voyageurs.*

Les résultats de l'exploitation des chemins de fer de l'Etat de Suède pendant l'année 1884, ont été les suivants :

Le nombre des voyageurs transportés s'est élevé au chiffre de 3.915.984, savoir :

CLASSES.	NOMBRE DE VOYAGEURS TRANSPORTÉS par		TOTAUX par classe et TOTAL GÉNÉRAL.
	Trains express.	Trains ordinaires.	
1re	20.919	33.595	55.514
2me	173.146	477.633	650.779
3me	356.451	2.754.441	3.110.892
Militaires	»	99.799	99.799
Totaux	550.516	3.365.468	3.915.984

Marchandises. Le poids total des marchandises expédiées a été de 2.171.970 tonnes. Dans ce chiffre,

Les bois et planches figurent pour	670.000 Tonnes.
les fers	294 000
les céréales	225.000
la houille	100.000
le charbon de bois	102.000
les minerais	132.000
les autres marchandises	649.000
Total égal	2.172.000 Tonnes.

Les principaux points d'expédition pour les bois sont : Bräcke, 45.000T ; Skore, 38.000T ; Fryksta, 25 000T, etc. Comme destinations, nous trouvons Göteborg, 96.000T ; Stockholm, 67.000T ; Malmö, 51.000T, etc...

Les fers proviennent en général de lignes exploitées par les Compagnies privées. Le chemin de Nora Karlskog (1) donne à lui seul 21.000 Tonnes, c'est-à-dire presque le dixième du trafic total ; la ligne de Frövia-Ludvika (2), 17.000T, etc...

(1-2) District d'Örebro.

Les destinations les plus importantes sont encore Göteborg, 47.000T et Stockholm, 35.000T ; Malmö n'a reçu que 3.000T de fers ou aciers.

Le trafic des céréales se fait principalement à Norrköping, Göteborg, Stockholm, Malmö et Lund, ainsi qu'il résulte du tableau ci-dessous :

STATIONS.	EXPÉDITIONS.	ARRIVAGES.	MOUVEMENT TOTAL.
Norrköping	23.000	21.000	44.000
Göteborg	13.000	20.000	33.000
Stockholm	16.000	12.000	28.000
Malmö	12.000	9.000	21.000
Lund	9.000	5.000	14.000

Les transports de houille ne sont pas très considérables relativement à l'ensemble du trafic :

Malmö expédie à lui seul	41.000T
Le chemin de Berslager (1) en donne	17.000
Soit pour les deux provenances réunies	58.000T

c'est-à-dire plus de la moitié du trafic ; comme destinations nous trouvons Lund, 18 000T ; Arlöf, 12.000T, etc.

Les charbons de bois donnent un tonnage légérement supérieur à celui des houilles, 102.000T au lieu de 100.000 ; l'emploi du charbon de bois pour la métallurgie s'est conservé en Suède, et on obtient ainsi les fers si renommés de ce pays.

Les expéditions de minerais proviennent en grande partie des provinces de Dalécarlie et d'Orebro.

Le chemin de Krylbo à Norberg a donné	36.000T
Celui de Nora à Karlskoga	15.000
Ensemble	51.000T

sur 132.000T.

La station de Valla, près de Katrineholm, a donné aussi 15.000 tonnes.

Les principales destinations ont été : chemin de Gefle à Dala, 36.000T ; Grafvesfors, 16.000T ; Björneborg, 11.000T ; Morshyttan, 10.000T, etc...

(1) Ligne de Falun à Kil (Dalécarlie et Wermland).

Si l'on examine les transports de marchandises au point de vue des recettes, la classification s'établit comme suit :

DÉSIGNATION DES MARCHANDISES.	RECETTE BRUTE.	PART du produit total.
	fr.	
Bois	2.942.725, 80	19,67 %
Fers	1.869.592, 20	12,50 %
Céréales	1 502.764, 20	10,05 %
Lait, Beurre, Fromage	825.015, 80	5,52 %
Charbons de bois	501.345, 60	3,36 %
Cotons	512 643, 60	3,43 %
Alcools	468.813, 80	3,14 %
Minerais	441.709, 80	2,96 %
Épicerie	434.733, 60	2,91 %
Chaux et Engrais	380.468, 20	2,54 %
Houille	318.615, 80	2,13 %
Marchandises diverses	4.751.456, 04	31,79 %
	fr.	
Totaux	14.950.084, 44	100,00

Les quatre premières catégories de marchandises donnent ainsi à elles seules près de la moitié du produit total.

Recettes. Les recettes réalisées sur les chemins de fer de l'Etat de Suède en 1884 se sont élevées en nombre rond à la somme de 28.000.000fr. 00, ce qui, pour une longueur moyenne exploitée de 2.300kilom. représente approximativement 12.000fr. 00 par kilomètre.

Les lignes les plus productives sont celles de :

Falköping-Göteborg	114kil.	recette kilométrique.	27.784fr. 40
Stockholm-Gnesta	65	»	26.065, 20
Elmhult-Malmö	134	»	23.503, 20
Upsal-Stockholm	66	»	21.294, 00
Gnesta-Katrineholm	68	»	20.969, 20

Les plus faibles recettes proviennent des sections de :

Ange-Bollnäs	167kil.	recette kilométrique.	3.745fr. 00
Sköfde-Karlsborg	44	»	2.900, 80
Bräcke-Ragunda	80	»	1.477, 00

Si l'on examine les divers éléments du trafic, on trouve les résultats suivants :

Transports en grande vitesse.

Voyageurs	9.807.515fr. 69	
Poste	565.626, 35	
Bagages	199.969, 17	
Marchandises en grande vitesse	886.264, 88	
Total pour la grande vitesse	11.459.406fr. 09	11.459.406fr. 09

Report.....		11.459.406fr. 09

Transports en petite vitesse.

Marchandises.....	14.950.084fr. 44	
Transports de l'État.....	69.782, 00	
Voitures.....	52.557, 51	
Animaux	820.163, 33	
Total pour la petite vitesse.....	15.892.587fr. 28	15.892.587fr. 28

Produits divers.

Location de wagons.....	70.809fr. 65	
Dépêches privées..... ..	97.870, 40	
Vente de tarifs.....	34.534, 08	
Recettes diverses.....	176 713, 64	
Total pour les produits divers....	379.927fr. 77	379.927fr. 77
Total général.....		27.731.921fr. 04

Le montant total des frais d'exploitation pendant l'année 1884 n'a pas dépassé 17.000.000fr., soit un peu moins de 7.400fr. par kilomètre, ainsi qu'il résulte du détail ci-après :

Administration Centrale.

Traitement du personnel	311.120fr. 24	
Dépenses diverses.....	75.288, 21	
Total pour l'Administration centrale..	386.408fr. 45	386.408fr. 45

Service de la Voie.

Ouvriers.....	207.276fr. 36	
Conducteurs et surveillants.....	194.724, 90	
Gardiennage	1.103.442, 85	
Matières et fournitures diverses.....	2.938.623, 82	
Total pour le Service de la Voie.....	4.444.067fr. 93	4.444.067fr. 93

Service de l'Exploitation.

Ouvriers.....	1.707.913fr. 13	
Service des trains.....	515.078, 87	
Service des gares..... ...	1.273.656, 34	
Matières et fournitures diverses.....	1.535.348, 73	
Total pour l'Exploitation.....	5.031.997fr. 07	5.031.997fr. 07
A reporter.....		9.862.473fr. 45

	Report	9.862.473fr. 45

Service de la Traction.

Frais de personnel.....	1.034.807fr. 24	
Primes d'économie et de parcours.....	385.240, 80	
Combustible.....	1.450.125, 88	
Entretien des machines et du matériel roulant.....	2.420.070, 64	
Dépenses diverses.....	1.771.303, 92	
Total pour la Traction..... ..	7.061.548fr. 48	7.061.548fr. 48
Indemnités pour pertes et avaries..... .		54.236fr. 00
Total général.....		16.978.257fr. 93

Ce chiffre correspond à 61 % de la recette brute.

Depuis 1856, date de la mise en exploitation de la première ligne d'Etat en Suède, jusqu'à la clôture de l'exercice 1884, l'ensemble des recettes s'est élevé à 364.000.000 de francs, et le montant total des dépenses à 224.000.000 de francs, ce qui donne pour le coefficient moyen général des frais d'exploitation le chiffre de 61,5 %.

Comme détail concernant les dépenses d'exploitation, nous nous bornerons à relever le prix de revient du kilomètre-machine. Ce prix s'établit ainsi :

Frais généraux.....	0,fr.0434
Personnel.....	0, 1358
Combustible.....	0, 1680
Primes d'économie.....	0, 0434
Graissage.....	0, 0434
Eau.....	0, 0168
Entretien.....	0, 1862
Réparations.....	0, 1428
Total.....	0,fr.7798

La statistique des chemins de fer de l'Etat de Suède renferme encore, tant au sujet des recettes qu'à celui des dépenses, un grand nombre de renseignements fort intéressants ; nous en donnons quelques extraits à la suite de la présente Note.

Produit net. Les recettes pendant l'exercice 1884 s'étant élevées à la somme de..... 28.000.000fr. 00
et les dépenses à celle de..... 17.000.000, 00

le produit net a été d'environ..... 11.000.000fr. 00
ce qui donne près de 3,5 % du capital de premier établissement.

Si l'on recherche le détail par ligne des recettes et des dépenses, on trouve que, sauf pour la ligne de Bräcke à Ragunda qui est en déficit d'environ 200 francs par kilomètre, tous les chemins exploités par l'Etat ont donné un produit net plus ou moins élevé. La section de Falköping à Göteborg rapporte 7,31 %, celle de Gnesta à Katrineholm, 7,03 %, etc. ; la ligne de Sköfde à

Karlsborg n'a donné que 0,58 %; ce résultat est néanmoins très remarquable pour une section dont la recette brute n'a pas atteint 3.000fr. par kilomètre.

Les lignes exploitées par les Compagnies ont donné, en 1884, un produit total de	26.600.000fr.
Les frais d'exploitation étaient de.....	13.860.000
Le produit net réalisé a ainsi été de.....	12.740.000fr.

RÉSULTATS DE L'EXPLOITATION. — COMPAGNIES DIVERSES.

Les frais d'exploitation représentent 52 % de la recette, et le produit net correspond à 4 % du capital engagé; toutefois, les résultats varient beaucoup plus d'une ligne à une autre qu'entre les différentes sections du réseau de l'Etat. On a vu, en effet, que la ligne de l'Etat la plus productive, celle de Falköping à Göteborg, ne donnait que 7,31 % d'intérêt; la petite Compagnie de Söderhamn dont la ligne n'a que 15 kilomètres de longueur a obtenu 15 %; le chemin de Gefle à Dala, 92 kilomètres, donne 8,22 %.

Parmi les 63 Compagnies dont les résultats de l'exploitation figurent dans la statistique générale

7	exploitant ensemble une longueur de	215kil.	ont donné plus de	7 %	
10	d°	628	d°	5	à 7 %
13	d°	764	d°	4	à 5 %
11	d°	1.124	d°	3	à 4 %
9	d°	586	d°	2	à 3 %
12	d°	507	d°	0	à 2 %

Enfin, une Compagnie, celle de Borringe à Anderslöf, 7 kilom., est en déficit de 0,31 %.

RÉSUMÉ. — CONCLUSIONS.

Les chemins de fer de l'Etat, en Suède, ont coûté 135,800 par kilomètre.

Ils ont rapporté, en 1884, 12.000 fr. brut.

Les frais d'exploitation ont été de 7.400fr., c'est-à-dire 61 % de la recette.

Et le produit net représente 3 ½ % du capital engagé.

Les lignes construites par les sociétés particulières n'ont coûté que 92.400fr. par kilomètre pour les chemins à grande section et 50.400fr. pour les lignes à voie étroite.

La recette, en 1884, a été de.....	26.600.000fr.
Et les dépenses de.....	13 860.000fr

soit 52 % seulement de la recette brute;

Le produit net représente 4 % du capital.

Il semble donc qu'en Suède l'Etat construise et exploite plus chèrement que les Compagnies privées. Il ne faut pas perdre de vue, cependant, que sur 4.505 kilomètres du réseau appartenant aux Compagnies, 1.382 sont construits à voie étroite.

En ne considérant que les lignes de l'Etat, on doit reconnaître, tout d'abord, que les frais de construction ne sont réellement pas très considérables; nous avons indiqué plus haut (page 289) les motifs qui semblent expliquer ce fait; mais, ce qui nous a paru plus frappant encore, c'est le bon marché relatif de l'exploitation.

L'ensemble du réseau rapporte 12.000fr. par kilomètre, il est exploité à raison de 61 % seulement; les lignes sur lesquelles la recette brute n'atteint pas 3.000 fr. par kilomètre donnent néanmoins un certain produit net. Nous pensons que ces résultats doivent être attribués non seulement au bon marché de la main-d'œuvre et des matières de consommation courante, mais encore et surtout à l'organisation économique du service.

Le nombre de trains est réduit au strict nécessaire ; lorsqu'un train suffit pour desservir une ligne, on n'en fait pas circuler deux. Sur la grande ligne de Stockholm à Drontheim, pendant huit mois de l'année, les trains s'arrêtent à 6 heures du soir ; on a jugé inutile de faire la dépense d'un service de nuit pour assurer le passage d'un train unique ne renfermant que quelques rares voyageurs.

Le nombre de trains étant ainsi réduit, les règlements concernant la circulation sont très simples, et leur application n'exige pas un nombreux personnel ; c'est ainsi que l'effectif total n'atteint pas le chiffre de deux agents par kilomètre, sur les lignes de l'Etat.

Le public, en Suède, a certainement moins de facilités de circulation que le voyageur français ; mais il accepte cette situation, et paraît comprendre que les économies ainsi réalisées dans l'exploitation des chemins de fer viennent au grand avantage de tous dégrever d'autant la masse des dépenses publiques.

STATISTIQUE.

EXTRAIT DE LA STATISTIQUE OFFICIELLE DES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT DE SUÈDE.

PARCOURS ET TONNAGE MOYEN DES DIFFÉRENTES CATÉGORIES DE MARCHANDISES 1880-1884.

DÉSIGNATION DES MARCHANDISES.	TONNAGE.					PARCOURS MOYEN.				
	1880	1881	1882	1883	1884	1880	1881	1882	1883	1884
	T.	T.	T.	T.	T.	k.	k.	k.	k.	k.
Aciers, Fers, travaillés ou non.	228.219	280.348	299.159	298.591	294.180	139	139	125	121	111
Alcools, Bière.....	17.199	20.906	34.173	34.597	35.237	208(1)	218(1)	187	192	181
Beurre, Fromage, Lait, Œufs.	46.298	48.704	48.612	58.971	61.774	115	130	115	120	130
Bois et Planches.....	464.196	593.719	708.113	708.426	670.317	109	105	97	84	103
Céréales.....	229.353	195.715	234.572	256.178	224.536	87	94	90	92	84
Charbons de bois	79.310	68.458	93.043	92.303	101.791	73	62	75	92	97
Chaux, Engrais	61.437	67.181	70.390	83.420	86.557	87	106	125	89	87
Cotons, Fils, Tissus.....	17.133	19.972	18.519	21.577	19.266	184	207	205	190	195
Cuirs, Fourrures, Peaux.....	2.950	3.451	3 514	3.664	3.629	191	206	192	188	184
Épiceries	19.357	21.523	23.634	26.174	24.584	138	156	157	140	128
Houilles.....	87.025	86.627	86.291	101.740	99.591	80	83	81	69	60
Métaux autres que le fer.....	1.358	1.544	2.606	1.609	1.819	181	222	125	169	180
Minerais.....	122.365	136.800	137.375	140.437	132.314	55	46	45	50	47
Poissons salés ou secs	18.229	25.327	26.801	26.400	24.069	127	134	147	182	171
Pommes de terre, Fruits à racines.....	18.689	19.282	18.904	20.226	22.882	78	70	59	95	104
Matériaux pour le compte de l'État.....	19.095	12.708	13.237	12.855	15.409	124	128	98	153	134
Divers y compris les transports G. V.....	245.436	313.954	310.012	321 218	354.014	126	117	119	163	121

(1) Ce chiffre ne concerne que les alcools ; la bière était classée en 1880 et 1881 avec les marchandises diverses.

Nota. — La Statistique officielle suédoise donne, pour chacune des catégories de marchandises désignées ci-dessus, les poids expédiés et reçus par chaque station.

IMPORTANCE RELATIVE DES DIFFÉRENTES CATÉGORIES DE MARCHANDISES 1880-1884.

DÉSIGNATION DES MARCHANDISES.	RAPPORT DES QUANTITÉS TRANSPORTÉES AU TONNAGE TOTAL.				
	1880	1881	1882	1883	1884
Bois et Planches.....	27,7	31,0	33,3	32,1	30,9
Aciers, Fers, travaillés ou non	13,6	14,6	14,0	13,5	13,5
Céréales.....	13,7	10,2	11,0	11,6	10,3
Minerais.....	7,3	7,1	6,5	6,3	6,1
Charbons de bois	4,7	3,6	4,4	4,2	4,7
Houille.....	5,2	4,5	4.0	4,6	4,6
Chaux et Engrais.....	3,6	3,5	3,3	3,8	4,0
Baurre, Fromages, Lait, Œufs	2,8	2,6	2,3	2,6	2,8
Alcools, Bière.....	1,0(1)	1,1(1)	1,6	1,6	1,6
Épicerie.....	1,2	1,1	1,1	1,2	1,1
Poisson salé ou sec.....	1,1	1,3	1,3	1,2	1,1
Pommes de terre, Fruits à racines.....	1,1	1,0	0,9	0,9	1,1
Cotons, Fils, Tissus.....	1,0	1,0	0,9	1,0	0,9
Matériaux pour le compte de l'État.....	1,1	0,7	0,6	0,6	0,7
Cuirs, Fourrures, Peaux	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Métaux autres que le fer.....	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Divers, y compris les transports G. V.....	14,6	14,6	14,5	14,5	16,3

(1) Ce chiffre ne concerne que les alcools ; la bière était classée en 1880 et 1881 avec les marchandises diverses.

EXTRAIT DE LA STATISTIQUE OFFICIELLE DES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT DE SUÈDE.

RÉSUMÉ DU TRAFIC, DES RECETTES, DES DÉPENSES ET DE LA SITUATION DU PERSONNEL DANS LES DIFFÉRENTES GARES EN 1884.

GARES.		MOUVEMENT des voyageurs.	TONNAGE DES MARCHANDISES G. V.	TONNAGE DES MARCHANDISES P. V.	PRODUITS.	DÉPENSES. Personnel.	DÉPENSES. Matières.	DÉPENSES. Total.	Rapport de la dépense au produit moyen.	Nombre d' Agents.
			k.	T.	f.	fr.	fr.	fr.		
Stockholm.	Expédit.	314.296	1.874.632	57.641	3.073.290,57	333.421,31	66.140,44	399.562,25	12,28	219
	Arrivag.	371.014	1.753.760	114.924	3.392 341,12					
Göteborg .	Expédit.	127 006	2.449.530	90.185	2.248.965,60	234.555,02	26.698,71	261.253,73	9,85	159
	Arrivag.	131.658	776.579	258.570	3.041.698,42					
Malmö....	Expédit.	218.540	1.079.131	90.559	1.371.658,43	117.268,04	17.785,89	134.853,93	8,60	72
	Arrivag.	219.303	491.757	88.832	1.749.757,85					
Norrköping	Expédit.	102.519	438.208	65.121	805.144,44	66.907,23	10324,33	77.231,56	10,58	50
	Arrivag.	102 968	350.977	63.756	694.142,64					
Nässjö....	Expédit.	42.884	52.087	21.808	458.416,55	58.190,13	4.501,44	62.691,57	16,15	45
	Arrivag.	41.530	118.609	8.625	318.322,36					
Lund.....	Expédit.	213.164	238.772	15.997	367.825,30	51.394,92	7.190,53	58.585,45	13,35	40
	Arrivag.	211.151	439.774	55.129	504.949,66					
Linköping	Expédit.	90.417	358.238	12.694	398.655,70	49.185,37	6.253,50	55.438,87	14,10	34
	Arrivag.	88.083	256.341	16.897	386.032,07					
Ostersund .	Expédit.	45.369	144.576	4.328	237.542,81	42.864,63	4.091,68	46.956,31	13,46	27
	Arrivag.	45.477	145.131	19.500	455.873,71					
Bollnäs ...	Expédit.	22.654	30.150	7.463	140.028,03	23.035,64	2.291,66	25.327,30	15,39	18
	Arrivag.	23.408	87.237	8.268	188.441,45					
Motala....	Expédit.	22.035	38.575	5.758	115.139,80	10.959,70	1.285,65	12.245,35	10,64	2
	Arrivag.	22.130	104.051	6.976	111.635,35					
Grimstorp.	Expédit.	3.704	2.227	2.839	24.020,39	2.717,79	382,62	3.100,41	20,57	
	Arrivag.	3.968	1.917	769	6.097,46					
Gofvetorp .	Expédit.	238	481	752	6 990,20	1.048,95	78,95	1.127,90	11,49	1
	Arrivag.	0	834	1.840	13.094,23					

Nota. — Les exemples reproduits ci-dessus montrent l'importance de ce tableau qui est dressé, chaque année, par toutes les gares.

EXTRAIT DE LA STATISTIQUE OFFICIELLE DES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT DE SUÈDE.

RÉCAPITULATION GÉNÉRALE DES RECETTES DEPUIS L'ANNÉE 1856 JUSQU'AU 31 DÉCEMBRE 1884.

Années.	LONGUEUR moyenne exploitée.	VOYAGEURS.	BAGAGES.	MARCHANDISES en grande vitesse.	MARCHANDISES en petite vitesse.	VOITURES ANIMAUX.	RECETTES DIVERSES.	RECETTE TOTALE.
		fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
1856	2	13.017,44	12,95	»	2.107,17	13,65	7,46	15.158,67
1857	35	161 161,64	893,69	45,29	51.883,78	328,65	16.706,84	231.019,89
1858	111	303.690,37	9.185,45	2.316,12	203.558,92	5.168,51	1.985,14	519.904,51
1859	198	496,113,91	8.272,18	6.503,48	374.201,17	18.843,27	7.347,83	911.281,84
1860	256	628.226,73	12.000,76	10.008,05	547.396,88	27.254,22	16.972,59	1.241.859,23
1861	314	846.960,94	16.525,81	14.283,37	708.359,71	34.887,65	25.281,02	1.646.298,50
1862	433	1.157 021,39	34.166,79	30.174,96	926.817,92	63.164,22	38.791,40	2.250.436,68
1863	680	2 252.390,72	55.148,70	64.066,27	1.504.082,22	108.836,36	60,231,54	4.044.755,81
1864	766	2.460.262,14	54.970,19	71.093,69	2.042.247,26	143.737,50	74.515,43	4.846.826,21
1865	863	3.144.386,44	65.681,77	90.670,85	2.618.400,99	254.116,45	98.531,85	6.271.788,35
1866	917	3.328.484,60	68.906,60	106.687,31	3.171.331,20	267.154,65	147.554,66	7.090.119,02
1867	1.052	3.519 021,32	75.482,64	141.715,14	4.171.501,57	271.118,19	245.029.85	8.423.868,71
1868	1.078	3 569.325,15	72.528,39	164.218,49	4.089.850,80	259.521,96	740.066,10	8.625.510,89
1869	1.088	3 673.419,71	72.799,38	187.244,54	4.367.045,12	269.760,72	139 523,64	8.709.793,11
1870	1.118	3.639.145,97	72.168,80	200.482,97	5.172.613,07	290.431,96	132.826,76	9.507.669,53
1871	1.156	4.278.892,50	70.465,81	212.448,45	5.889.143,74	318.516,28	129.341,88	10.898.803,66
1872	1.201	5.210.103,19	81.187,82	256.487,28	6.804.647,11	357,824,01	185.416,87	12.895.666,28
1873	1.275	6.602.288,34	107.092,83	319.619,75	8.639.611,02	498.735,24	226.076,03	16.393.428,21
1874	1.401	8.122.076,80	137.237,60	406.732,»»	10.266.864,36	578.704,43	240 364,77	19.751.980,58
1875	1.474	8.302.547,42	154.487,19	460.612,40	11.436.160,15	548.398,51	251.992,40	21.154.198,07
1876	1.538	8.925.632,37	153.283,39	521.040,90	12.815.925,84	547.874,26	288.911,20	23.252.667,87
1877	1.600	8.828.689,39	154.697,73	550.218,12	12.426.769,45	584.590,62	339.913,71	22.884.879,02
1878	1.648	8.279.663,74	140.453,61	556.883,19	10.664.501,75	623.063,35	295.671,85	20.560.237,49
1879	1.759	7.628.924,96	137.419,16	556.598,74	10.855.254,06	555.948,74	299.860,26	20.034.005,92
1880	5.945	8.702.654,31	152.787,80	653.123,56	12.678.280,62	621.291,»»	277.862,44	23.085.999,73
1881	2.012	9.344.661,43	177.673,44	824.154,63	14.065.958,07	639.016,69	250.558,08	25.302.022,34
1882	2.212	9.047.858,30	190.652,76	875.989,58	14.673.196,13	834.455,52	294.415,80	26.816.568,09
1883	2.246	10.192.570,77	199.668,62	875.569,02	15.500.235,65	891.147,43	342.779,65	28.001.971,14
1884	2.300	10.373.142,04	199.969,17	886,264,88	15.019.866,44	872.720,84	379.927,77	27.731.891,14

EXTRAIT DE LA STATISTIQUE OFFICIELLE DES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT DE SUÈDE.

RÉCAPITULATION GÉNÉRALE DES RÉSULTATS KILOMÉTRIQUES DE L'EXPLOITATION DEPUIS L'ANNÉE 1856 JUSQU'AU 31 DÉCEMBRE 1884.

ANNÉES.	LONGUEUR moyenne exploitée.	RECETTE BRUTE.	FRAIS D'EXPLOITATION	PRODUIT NET.	RAPPORT P.% de la dépense à la recette.	RAPPORT du produit net au capital.
		fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
1856	3	5.614,»»	5.706,40	— 92,40	101,55	— 0,09
1857	35	6.696,20	4.940,60	1.755,60	73,79	1,74
1858	111	4.684,40	4.600,40	84,»»	98,03	0,09
1859	198	4.601,80	3.957,80	644,»»	85,98	0,64
1860	256	4.851,»»	3.642,80	1.208,20	75,08	1,20
1861	314	5.243,»»	4.257,40	985,60	81,15	0,98
1862	433	5.196,80	3.791,20	1.405,60	72,95	1,39
1863	680	5.948,60	4.078,20	1.870,40	68,57	1,84
1864	766	6.328,»»	4.144,»»	2.184,»»	65,49	2,16
1865	863	7.267,40	4.342,80	2.924,60	59,76	2,90
1866	917	7.732,20	4.594,80	3.137,40	59,43	3,01
1867	1.052	8.008,»»	4.858,»»	3 150,»»	60,68	2,80
1868	1.078	8.001,»»	5.489,40	2.511,60	68,60	2,21
1869	1.088	8.005,20	4.456,20	3.549,»»	55,67	3,11
1870	1.118	8.503,60	4.522,»»	3.981,60	53,17	3,47
1871	1.156	9.427,60	4.741,80	4.685,80	50,29	3,76
1872	1.201	10.738,»»	5.376,»»	5.362,»»	50,07	4,28
1873	1.275	12.857,60	6.792,80	6.064,80	52,83	4,83
1874	1.401	14.098,»»	8.167,60	5.930,40	57,93	4,56
1875	1.474	14.351,40	9.241,40	5.110,»»	64,40	3,74
1876	1.538	15.118,60	9.506,»»	5.612,60	62,88	4,03
1877	1.600	14.302,40	10.028,20	4.274,20	70,11	3,03
1878	1.648	12.475,40	9.091,60	3.383,80	72,87	2,40
1879	1.759	11.389,»»	7.882,»»	3.507,»»	69,20	2,58
1880	1.945	11.869,20	7.186,20	4.683,»»	60,54	3,42
1881	2.012	12.576,20	7.308,»»	5.268,20	58,11	3,94
1882	2.212	12.122,60	6.952,40	5.170,20	57,35	3,84
1883	2.246	12.467,»»	7.578,20	4.888,80	60,79	3,65
1884	2.300	12.056,80	7.382,20	4.674,60	61,22	3,46

CHRONIQUE.

SOMMAIRE.

BULLETIN.

1. Le projet de percement du Simplon et conclusions du Rapport des experts. — Le percement du Simplon a une grande importance pour la Suisse qui, ainsi que l'a dit M. *J. Meyer,* Ingénieur en chef de la Compagnie de la Suisse occidentale et du Simplon, à la séance du 12 Février dernier de la Société Vaudoise des Ingénieurs et Architectes, « est frappée d'isolement et d'alanguissement depuis l'ouverture du Gothard » (1).

Désireux de voir intervenir une solution qui mette fin à cette situation, tout en donnant les garanties techniques voulues sans entraîner à des dépenses d'établissement que le trafic de la future ligne ne pourrait rémunérer, et afin de surmonter les difficultés que présentaient une série de projets de tunnels et des solutions spéciales très ingénieuses dues aux anciens établissements Cail, à M. Fell et à M. Agudio, les délégués des cantons de la Suisse romande savoir : Fribourg, Vaud, Valais, Genève et Neuchâtel, ceux de la Compagnie des chemins de fer de la Suisse-Occidentale

(1) Voici, d'après la *Schweizerische Bauzeitung* du 5 Mars 1887, en quels termes M. J. Meyer, dans cette même Séance, a indiqué les études antérieures faites en vue de la traversée du Simplon :

« M. J. Meyer rappelle que cette question de la traversée du Simplon n'est pas nouvelle pour la Société et qu'il l'en a entretenue en Mars 1876, en comparant le Simplon avec le Gothard dont les études définitives venaient d'être connues par la publication du travail de M. Helwag. Mr. Lommel a fait connaître à la Société, en 1878, les nouvelles études faites à cette époque sous sa direction, et enfin M. Meyer, en 1882, a indiqué les études faites en 1881-82 et qui comportaient un tunnel de 20 kilomètres. Il n'a pu être donné suite à ce projet, parce qu'on n'avait pu s'assurer le concours financier de la France, et on s'est mis à rechercher une solution qui, tout en conservant un système d'exploitation normale, exigerait un capital moindre et susceptible d'être recruté avec les ressources du pays.

« Le premier projet proposé en 1857 par MM. Clo et Venetz, Ingénieurs, comportait un tunnel à l'altitude de 1.068^{m} pour la tête nord, à la jonction de la vallée de la Saltine et de la Ganther; il aurait eu une longueur d'environ 13 kilomètres; mais les lignes d'accès étaient longues et coûteuses et l'on arriva à la conclusion que, si l'on affectait au tunnel lui-même une partie des sommes que devaient absorber les lignes d'accès, on pourrait abaisser celui-ci de 200 à 300^{m} tout en l'allongeant, sans dépenser une somme plus forte. On arriva ainsi à différentes variantes avec tunnels d'altitudes variant entre 770 à 850^{m} et de 15 à 17$^{km.}$ de longueur, et l'on s'arrêta à considérer comme la meilleure solution une variante avec tunnel de 16$^{km.}$ environ à l'altitude de 820^{m}; c'est ce que les experts ont également recommandé ».

et du Simplon, et de la Banque nouvelle des chemins de fer Suisses, se sont réunis en conférence le 22 Mars 1886, à Lausanne, et ont chargé une Commission d'experts de leur faire connaître leur avis sur les différents projets présentés pour la traversée du Simplon et de leur indiquer à quel projet les experts donnent leur préférence.

La Commission d'experts se composait de : M. *Ernest Polonceau*, Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction de la Compagnie des chemins de fer d'Orléans ; M. *Doppler*, Conseiller supérieur du Gouvernement, Oberinspector à la Direction générale I. R. des chemins de fer de l'État autrichien ; M. *W. Huber*, Ingénieur civil, à Paris ; et de M. *J. Dumur*, Ingénieur civil, à Lausanne.

Cette Commission a déposé son rapport (1) dans le courant de Novembre 1886 et comme cette intéressante étude paraît devoir faire faire un pas vers la solution définitive de la traversée du Simplon, nous en extrayons les *conclusions* qui sont les suivantes :

« 1° Les systèmes Fell (2), Agudio (3) et des Anciens établissements Cail (4) sont à rejeter (5).

« Les uns ne donnent qu'une solution imparfaite de la question, en ne satisfaisant pas aux besoins du trafic. Tous présentent des inconvénients plus ou moins graves au point de vue de la sécurité ; fussent-ils exécutés, ils seraient abandonnés après un délai peu considérable, soit par suite d'accidents, soit par suite de recettes d'exploitation insuffisantes.

« 2° La traversée des Alpes par le Simplon ne peut se faire que par un tunnel de base. Ce principe admis, deux systèmes sont possibles : le tunnel de 20 kilomètres et le tunnel de 16 kilomètres.

« Le tunnel de 20 kilomètres paraîtrait la meilleure solution ; mais les grandes dépenses qu'il occasionnerait semblent devoir le faire rejeter.

« Il coûterait de 65 à 70 millions pour un tunnel à simple voie et de 85 à 90 millions pour un tunnel à double voie ; la possibilité de renconter sur 11 kilomètres des températures (6) notablement supérieures à celles du St-Gothard et l'incertitude sur les maxima que l'on pourra trouver, pourraient occasionner des dépenses exceptionnellement considérables qu'il nous paraît très difficile d'apprécier.

« La Commission propose donc le tunnel de base de 16.070 mètres de longueur aux altitudes de 820 et 830 mètres. Si les capitaux que l'on pourra réaliser sont suffisants, elle donne incontestablement la préférence au tunnel à double voie ; mais tout en ne méconnaissant pas qu'un tunnel à simple voie présente des inconvénients pour l'entretien, elle est convaincue que, si la raison d'économie le fait préférer, le tunnel à simple voie ayant les dimensions prévues par la Commis-

---

(1) *Rapport des Experts sur le percement du Simplon*. Gr. In-8°, 46 p., 1 carte et 2 pl. de profils en long. Lausanne, Imp. Adrien Borgeaud, Cité-Derrière, 26.

(2) Le système Fell présenté était plus puissant que les premiers types qui ont fonctionné au Mont-Cenis (Voir *Couche*, Tome II, p. 705 et le N° de Juillet 1881 de la *Revue générale*, p. 65) ; il comporte deux mécanismes indépendants, l'un qui commande des roues verticales à la façon ordinaire, l'autre agissant sur un ensemble de roues verticales et horizontales. Un châssis porte la chaudière, les cylindres et le mécanisme qui transmet la force motrice à trois paires de roues verticales ; l'autre châssis à trois paires de roues également, reçoit une seconde paire de cylindres, les galets horizontaux, le mécanisme de transmission, l'eau et le combustible.

(3) Voir *Couche*, Tome II, p. 765 et Tome III, p. 911.

(4) Le projet de la Société des Anciens Établissements Cail prévoyait deux plans inclinés, l'un sur le versant suisse, l'autre sur le versant italien, et un tunnel de faîte de 8.400^{m} de longueur. L'appareil porteur et moteur est un *pont-locomotive* de 35^{m} de longueur du poids d'environ 196 tonnes. Sur les deux voies de ce pont-locomotive seraient amarrées 6 voitures à voyageurs ou 8 wagons à marchandises, formant ensemble un poids de 346 tonnes. La Société prévoyait que deux ponts-locomotives partiraient en même temps.

(5) Dans le texte du rapport, les experts ont constaté combien les solutions spéciales de M. *Fell*, de M. *Agudio* et de M. le *Colonel de Bange* étaient ingénieuses, et que, dans certaines conditions, leur adoption pouvait être parfaitement justifiée.

(6) Voir dans le N° de Janvier 1884, p. 19, le Compte-rendu d'une étude de M. STOCKALPER sur *Les grands tunnels Alpins et la chaleur souterraine*.

sion (32^{mq},75) peut satisfaire à tous les besoins du trafic; la gêne d'exploitation qui en résultera nécessitera seulement en cas de fort trafic des installations plus considérables comme voies, gares, dépôts, etc., sur les deux versants.

« En terminant, la Commission signale les facilités que trouvera le percement du Simplon, comparativement aux autres percements de tunnels et qui ont influé sur les prix qu'elle a fixés.

« *a*) Faible altitude des deux têtes du tunnel, 820^{m} et 830^{m}.

« *b*) Force motrice en abondance et pour ainsi dire sans limite, grâce aux progrès actuels de l'électricité.

« *c*) Éclairage plus complet par suite encore des progrès de l'électricité.

« *d*) Proximité du chemin de fer sur le versant nord.

« *e*) Faible longueur des voies d'accès permettant d'approvisionner facilement les chantiers.

« *f*) Réduction de prix de la main d'œuvre et des matières et matériaux. »

Dans une conférence internationale tenue à Lausanne sous la présidence du représentant du Gouvernement Cantonnal de Fribourg, la Compagnie des chemins de fer de la Suisse-Occidentale et du Simplon, concessionnaire de la traversée du Simplon, a déclaré que pour donner suite aux négociations financières entamées en vue de la réalisation du capital nécessaire à l'entreprise, il fallait obtenir de la Confédération Suisse, des cantons et des villes intéressés une subvention de 15 millions de francs.

La loi fédérale du 22 Août 1878 dispose que la Confédération helvétique accordera une subvention de 4 millions 500 mille francs pour l'établissement d'une voie ferrée alpestre dans l'ouest de la Suisse, lorsque les cantons intéressés auront également alloué des subventions convenables. Or les cantons de Vaud, de Fribourg et du Valais ayant résolu d'allouer le premier 4 millions, le second 2 millions et le troisième 1 million, soit au total 7 millions de subventions en vue de l'établissement de la traversée du Simplon, le Conseil fédéral a décidé que cette entreprise a droit à la subvention fédérale sus indiquée. La question vient d'être transmise par le Conseil fédéral au Département des Postes et Chemins de fer afin qu'il la soumette à l'Assemblée Fédérale.

RENSEIGNEMENTS DIVERS.

2. Représentation graphique des bases arrêtées pour l'unité technique des voies et du matériel de chemins de fer, dans la Conférence internationale de Berne de Mai 1886. — Nous avons publié dans le N° d'Avril dernier, page 257, l'arrêté du 31 Mars 1887 de M. le Ministre des Travaux publics rendant applicables sur le réseau français, à dater du 1er Avril 1887, les dispositions adoptées par la Conférence internationale de Berne du mois de Mai 1886, concernant la largeur des voies et les conditions d'admission à la circulation internationale du matériel des chemins de fer.

Ces dispositions, que nous avons fait connaître dans le N° de Juin 1886, pages 426 à 428, sont présentées sous forme de tableaux. Comme les Ingénieurs du Matériel et les Constructeurs de voitures et de wagons auront souvent à consulter ces tableaux qui ne sont pas d'une lecture facile, il nous a paru utile de représenter graphiquement (1) sur la Pl. XVIII, les données qu'ils renferment et qui sous cette forme sautent immédiatement aux yeux.

Il est à remarquer que les cotes (maximum et minimum) indiquées sur cette Planche s'appliquent soit au matériel à construire, soit au matériel existant, sauf les dimensions spécialement indiquées,

(1) Nous devons communication de ce graphique à l'obligeance de M. *Louis Rey*.

entre parenthèses, comme pouvant être tolérées pour le matériel déjà existant au moment où les dites dispositions sont entrées en vigueur.

3. Voitures à bogies, avec couloir en S, de la Compagnie des Chemins de fer de Bône à Guelma et Prolongements. — M. E. Pontzen a donné, dans le N° de Mai 1887 du *Portefeuille économique des machines*, la description que nous reproduisons ci-dessous, et les dessins (Pl. XIX, Fig. 1 à 5) des nouvelles voitures à bogies avec couloir en **S**, que la Compagnie des chemins de fer de Bône à Guelma et Prolongements vient de mettre en circulation en Algérie :

« En 1872, MM. Delahante et Desgrange avaient déjà appliqué sur les lignes du Tréport et de Frévent à Gamaches, un matériel qui donnait à la fois satisfaction sous le rapport du maintien de la séparation en compartiments et sous celui de l'intercommunication. Grâce à la possibilité de faire circuler les conducteurs le long du train en marche, on pouvait délivrer les billets en route. Le même système fut également appliqué en 1876 sur la ligne de Royan.

« Ces voitures étaient à compartiments, à portes latérales, et à quatre roues, mais on avait ajouté d'un côté une galerie ouverte, permettant aux voyageurs de communiquer d'un compartiment à l'autre et même d'une voiture à l'autre. La possibilité donnée aux voyageurs, de pouvoir se tenir sur cette galerie couverte, fermée par un garde-corps, constituait un agrément incontestable pendant la belle saison.

« Comme dans toutes les voitures à couloir unilatéral (1), les voitures de la ligne du Tréport présentaient toutefois l'inconvénient de donner lieu au chargement non-symétrique des essieux. L'axe de la caisse de la voiture ne se trouvait plus dans l'axe du train et les ressorts du côté de la galerie étaient moins chargés que ceux du côté opposé. De plus, l'agrément de pouvoir mieux jouir de la vue sur le pays traversé était acquis seulement vers l'un des côtés, qui changeait suivant la position dans laquelle les voitures étaient placées dans le train.

« C'est à M. H. Desgrange, Administrateur de la Compagnie des chemins de fer de Bône à Guelma et Prolongements, que revient en grande partie le mérite d'avoir fait adopter récemment par cette Compagnie, pour ses voitures, un nouveau type, qui nous paraît présenter avec tous les autres avantages des voitures à intercommunication et à compartiments, celui de *tenir tout particulièrement compte des conditions climatériques de l'Algérie* et de ne pas présenter les inconvénients des voitures à couloir unilatéral.

« Ainsi que le montrent les Fig. 1 à 5 de la Pl. XIX, les voitures du chemin de fer de Bône à Guelma sont à deux bogies ayant chacun quatre essieux. Cette disposition, comme on le sait, permet d'allonger les voitures, tout en conservant au matériel une très grande flexibilité pour le passage dans les courbes (2).

« Au lieu de faire des caisses très longues, régnant sur toute la longueur du châssis supporté par les quatre essieux, les voitures du chemin de fer de Bône à Guelma sont formées de deux caisses, dont les axes sont situés de part et d'autre de l'axe du train. Grâce à cette disposition, la galerie ouverte se trouve sur la demi-longueur de la voiture, du côté droit, et du côté gauche sur l'autre moitié de la longueur. L'espace qui sépare les deux caisses sert de communication entre

---

(1) La *Revue générale* a publié les types suivants de voitures à couloir latéral : *Normes prussiens*, N° de Novembre 1881, p. 359. *Voitures de la Société Autrichienne-Hongroise des chemins de fer de l'État*, N° de Janvier 1886, p. 63, — et voitures de la Compagnie des wagons-lits et wagons lits-boudoirs Mann, N° de Novembre 1886, p. 354.

(2) Ce matériel a été établi pour passer dans des courbes de 100^{m} de rayon, mais le rayon minimum des courbes des lignes de la Compagnie de Bône à Gulma ne descend pas au-dessous de 250^{m}.

*

les deux galeries. Ainsi que le montrent les dessins, le toit est commun aux deux caisses et il recouvre le couloir transversal, les galeries ouvertes et les plateformes situées aux deux extrémités de la voiture et auxquelles on accède des deux côtés par des marches.

« Les caisses sont divisées en compartiments, ayant chacune une porte ouvrant sur la galerie; mais il n'y a pas, comme dans les voitures du Tréport, des portes du côté opposé à la galerie.

« La suppression de ces portes dans les faces latérales des caisses, opposées aux galeries, a permis de donner malgré la galerie ouverte, qui a $0^m,70$ de largeur dans les voitures de 1re et de 2e classe, et $0^m,60$ dans les voitures de 3e classe, $2^m,30$ et $2^m,40$ de largeur aux caisses de ces voitures, et de loger huit voyageurs dans les compartiments de 1re et de 2e classe, et dix voyageurs dans ceux de 3e classe.

« Dans le sens de la longueur, les compartiments de 1re classe occupent $1^m,725$, ceux de 2e classe $1^m,550$ et ceux de 3e classe $1^m,515$; chaque caisse renferme trois compartiments. Le couloir transversal est de $0^m,550$.

« La distance entre les faces de tête des deux caisses constituant une voiture, est pour les voitures mixtes, à deux compartiments de 1re classe et à quatre compartiments de 2e classe, de $10^m,20$, et pour les voitures à six compartiments de 3e classe de $9^m,80$. Les plateformes d'accès ont $0^m,715$ de largeur.

« Le poids d'une voiture mixte de 1re et 2e classe, comprenant seize places de 1re classe et trente-deux places de 2e classe, soit ensemble quarante-huit places, est de 14.600^{kgs}, ce qui fait ressortir le poids mort par place à 304^{kgs}; le poids des voitures de 3e classe, munies de freins à vide et comprenant soixante places, est de 15.000^{kgs}, soit 250^{kgs} par place.

« Ces voitures sont exécutées dans les ateliers de la Compagnie française de matériel de chemins de fer, à Ivry (Seine), et leur prix, prises à Paris, est d'environ $14.500^{fr.}$ pour les premières, et $10.000^{fr.}$ pour les dernières.

« Il eut été facile de ménager dans chaque voiture un water-closet. On ne l'a pas jugé nécessaire; les couloirs le long des voitures et les passages établis, au-dessus des attelages, d'une voiture à l'autre, permettent en effet l'accès au fourgon à bagages, dans lequel se trouve un cabinet.

« Les fourgons à bagages sont à deux essieux; il eut en effet été inutile de donner à ces voitures une capacité plus grande que celle compatible avec le train normal à deux essieux. Même aux États-Unis, où le matériel à bogies est la règle, beaucoup de chemins de fer ont des fourgons à deux essieux seulement.

« Ainsi que le montrent les Fig. 6 à 8, Pl. XIX, les fourgons du chemin de fer de Bône à Guelma portent à chaque extrémité une plateforme sur laquelle donne une porte ouverte dans la face de tête, ce qui permet aux conducteurs et aux voyageurs de pénétrer, pendant la marche du train, dans le fourgon. »

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE.

Traité des chemins de fer : Économie politique. Commerce. Finances. Administration. Droit. Études comparées sur les chemins de fer étrangers, par M. Alfred Picard. (4 vol. grand in-8° d'environ 3.700 pages. Paris, J. Rothschild, Editeur). — M. Alfred Picard, antérieurement Directeur général des Ponts et Chaussées, des Mines et des Chemins de fer, aujourd'hui Présiden de la Section des Travaux publics, de l'Agriculture, du Commerce et de l'Industrie au Conseil d'État, vient de terminer un nouvel ouvrage sur les chemins de fer (1).

---

(1) Nous avons publié dans le N° de Février 1884, p. 74, un *Compte rendu* du précédent ouvrage de M. Picard, intitulé : *Les chemins de fer français. Etude historique sur la constitution et le régime du Réseau.*

Cet ouvrage, intitulé : « *Traité des chemins de fer* », l'un des plus importants et des plus remarquables qui aient été publiés en la matière, embrasse toutes les questions économiques, commerciales, financières, administratives et juridiques que soulèvent la construction et l'exploitation des voies ferrées.

Le *Traité des chemins de fer* est une œuvre trop considérable pour que la *Revue générale* n'en expose pas les grandes lignes et les traits essentiels. Nous nous réservons de le faire dans un prochain Numéro. Mais nous croyons devoir dès maintenant signaler à nos lecteurs la publication des premiers volumes.

L'ouvrage se compose de quatre Tomes.

Le *Tome I,* après un aperçu historique qui sert d'entrée en matière, comprend :

1° Un aperçu économique sur les résultats généraux de l'exploitation des chemins de fer, au point de vue des transports, de l'agriculture, du commerce, de l'industrie, de la richesse publique, du bien-être, de la civilisation, des mœurs, des relations internationales ;

2° Un exposé de doctrine sur la mesure de l'utilité des chemins de fer ;

3° Un chapitre sur la concurrence des voies ferrées entre elles et sur ses effets, notamment en Angleterre, aux États-Unis d'Amérique, en Belgique, en Allemagne et en Autriche ;

4° Une étude extrêmement détaillée, absolument nouvelle et particulièrement intéressante, sur la concurrence entre les voies ferrées et la navigation, tant en France qu'à l'étranger, et notamment un parallèle entre les deux modes de transport, au point de vue des dépenses de premier établissement, des frais d'exploitation, du prix payé par les usagers et du prix de revient réel des transports ;

5° Enfin, une discussion approfondie des divers systèmes susceptibles d'être adoptés pour la construction et l'exploitation des chemins de fer, et un exposé complet du régime qui a prévalu dans la plupart des pays étrangers (Allemagne, Autriche, Hongrie, Belgique, Italie, etc.), des circonstances et des raisons qui y ont conduit et des résultats qu'il a produits.

On le voit, le premier volume est consacré aux grands problèmes économiques et sociaux, qui constituent en quelque sorte la partie philosophique du sujet.

La première partie du *Tome II* contient l'étude des principes qui président aux concessions, de l'étendue des réseaux, des droits conférés aux concessionnaires, de la formation des Compagnies et de la constitution de leur capital, du concours financier de l'État et des localités pour les chemins de fer d'intérêt général et les chemins de fer d'intérêt local, des comptes à fournir par les Compagnies et de leur vérification, des impôts payés par les concessionnaires ou perçus par eux pour le compte du Trésor, de la transmission des concessions, des divers cas dans lesquels elles prennent fin et notamment du rachat. Nous mentionnons tout particulièrement les chapitres relatifs aux conventions financières et aux comptes.

Dans la deuxième partie du même volume sont groupés les règles administratives ou juridiques et les faits relatifs à la construction, à l'entretien, à la police de la conservation des chemins de fer, au régime des propriétés riveraines. L'auteur y donne en outre des renseignements très intéressants sur le développement progressif des voies ferrées et sur leur prix de premier établissement dans tous les pays.

Avec le *Tome III*, M. Picard entre dans le domaine de l'exploitation.

Ce volume se divise en deux parties. L'une comprend les questions générales et spécialement l'organisation administrative des Compagnies ; celle des Administrations d'État en France, en Autriche, en Bavière, en Belgique, en Hongrie, en Italie, en Prusse et en Saxe ; le personnel des agents, ses rapports avec les Compagnies, les institutions de prévoyance créées en sa faveur ; enfin le contrôle de l'exploitation en France, en Angleterre, en Italie, en Espagne, en Belgique, en Hollande, en Autriche-Hongrie et aux États-Unis d'Amérique.

La deuxième partie traite de l'exploitation technique (signaux, manœuvre des aiguilles, matériel roulant ; manutention des marchandises ; formation, composition et circulation des trains ; trains légers et trains-tramways ; accidents d'exploitation, responsabilité civile des Compagnies envers les voyageurs, les agents et les autres personnes, tant en France qu'à l'étranger ; attentats sur les voyageurs). Elle se termine par une étude du plus haut intérêt sur les dépenses d'exploitation et sur le prix de revient des transports, et par l'exposé des règles concernant la police de l'exploitation.

Le *Tome IV,* de beaucoup le plus développé, est consacré à l'exploitation commerciale. C'est certainement l'étude la plus complète à tous égards qui ait été faite sur cette branche si importante du service des chemins de fer. Après une étude d'ensemble sur la classification des tarifs, leur homologation, leur interprétation, leur application, les limites assignées à l'autorité de l'Etat en France et dans la plupart des pays étrangers, l'auteur étudie successivement et passe en revue tous les faits et toutes les règles d'administration et de droit civil, concernant le transport des voyageurs et le transport des marchandises ; les tarifs généraux et spéciaux ; le trafic international ; les droits et obligations des voyageurs ; expéditeurs ou destinataires et des Compagnies ; les délais de transport ; la responsabilité des Compagnies pour retard, avarie, perte totale ou partielle, et fausse application des tarifs ; l'extinction des actions en responsabilité ; les transports soumis aux contributions indirectes, à la douane ou à l'octroi ; les transports prohibés ; les services extérieurs des Compagnies, etc. Nous signalons spécialement une étude toute nouvelle sur les tarifs des voyageurs et des marchandises en Allemagne, en Autriche, en Hongrie, en Belgique, en Italie, en Suisse, etc.

Les derniers chapitres traitent des droits et obligations des Compagnies s'embranchant les unes sur les autres ; du régime des embranchements particuliers ; des transports pour les services publics et en particulier des transports militaires.

Tel est le plan général de l'ouvrage, sur lequel nous reviendrons dans un prochain Numéro et dont nous nous bornons à enregistrer aujourd'hui l'apparition.

L'un de ses traits les plus frappants est de porter, pour tous les points essentiels, non-seulement sur la France, mais encore sur l'étranger. C'est ainsi que l'étude comparée du régime des chemins de fer et des tarifs dans les principaux pays constitue une partie tout-à-fait originale et nouvelle de la publication.

Les trois premiers volumes ont paru. Le quatrième est sous presse et paraîtra sous peu de jours.

LÉGISLATION ET JURISPRUDENCE.

JURISPRUDENCE CIVILE.

Avaries. — Responsabilité. — Tarif spécial. (C. Cass., Ch. des Req., 19 Janvier 1887. *Bourcellier contre Cie de l'Est).* — *Une Compagnie de chemin de fer ne peut être déclarée responsable de l'avarie survenue en cours de route à des marchandises en fonte, lorsque l'expédition en a eu lieu aux conditions d'un tarif spécial, dont l'application a été requise par l'expéditeur, et portant que la Compagnie n'est pas responsable de la casse des objets en fonte dénommés dans ce tarif spécial.*

« La Cour ; sur le moyen unique, pris de la violation des articles 6, 1131, 1784, 1382 et suivants du Code civil, 103 du Code de commerce et de l'article 7 de la loi du 20 Avril 1810 ;

Attendu qu'il est constaté par le jugement attaqué que le tarif spécial P. V. N° 14 de la Compagnie des chemins de fer de l'Est, sous la rubrique « conditions particulières », contient une stipulation à forfait pour les avaries résultant du transport de certaines marchandises et notamment des fontes ;

Qu'il y est dit expressément que « la Compagnie n'est pas responsable de la casse des objets en fonte, dénommés dans ce tarif spécial, qui ne doit être appliqué aux envois de cette nature qu'à cette condition expresse ; que la Compagnie remboursera la taxe afférente au poids des objets reconnus brisés à l'arrivée, et que le retour des mêmes objets à la gare d'où ils ont été expédiés ne donnera lieu qu'à la seule perception de 80 c. pour droit d'enregistrement et de timbre » ;

Que de pareilles stipulations n'ont rien de contraire à l'ordre public ; que la Compagnie n'a pas entendu s'exonérer de toute responsabilité, et que c'est, d'ailleurs, l'expéditeur qui a requis l'application du tarif spécial ; — que si, d'un autre article, il résulte que la Compagnie est responsable des avaries survenues à la suite de « choc en cours de transport résultant d'accident », le jugement constate que la preuve de cet accident n'a pas été rapportée, et que le demandeur qui, dans tous les cas, eût dû prouver une faute à la charge de la Compagnie, n'a pas davantage fait cette preuve ;

Que ces appréciations sont souveraines ;

Attendu qu'en de pareilles circonstances, en décidant que la responsabilité de la Compagnie n'avait pu être engagée au delà de la mesure réglée par le tarif spécial, le jugement attaqué n'a violé aucun des articles visés au pourvoi, mais a fait une juste application des principes de la matière ;

Par ces motifs, rejette le pourvoi. »

DOCUMENTS OFFICIELS.

Journal Officiel du 26 *Mai* 1887. — Décret du 20 Mai 1887, ayant pour objet la **déclaration d'utilité publique**, dans le département du Rhône, d'une ligne de tramway à traction de locomotives, entre le pont Lafayette, à Lyon, et l'asile de Bron. (Voir au *Journal Officiel* le *cahier des charges et la convention* intervenue le 23 Décembre 1886 entre M. le Préfet du Rhône et MM. *Bailly, Duret* et *Peillon,* concessionnaires).

Lille Imp. L. Danel

NOTES

SUR LES

LOCOMOTIVES AUX ÉTATS-UNIS (Suite) (1)

Par M. DE FONBONNE,
INGÉNIEUR DE LA TRACTION DE LA COMPAGNIE DU CHEMIN DE FER DU NORD,

Et M. Ed. SAUVAGE,
INGÉNIEUR DES MINES,
INGÉNIEUR DES ATELIERS DE MACHINES DE LA COMPAGNIE DU CHEMIN DE FER DU NORD.

4° DÉPENSES DE LA TRACTION.

On sait combien il est difficile de comparer les chiffres des dépenses de la traction d'une Compagnie à une autre, les mêmes dépenses n'étant pas toujours portées aux mêmes chapitres. Aux Etats-Unis, nous trouvons, surtout pour la manière de compter la dépense de réparation des locomotives, des règles très différentes des nôtres. Nous donnerons les règles suivies au Penn'a R. R.

COMPTABILITÉ DE LA TRACTION DU PENN'A RR.

Les comptes du service de la traction (Motive power accounts) dans cette Compagnie, comprennent les chapitres suivants :

Salaires des Mécaniciens et Chauffeurs, aux voyageurs.
D° aux marchandises.

Réparation des dépôts, ateliers de machines, plaques tournantes, etc.

Combustible pour le chauffage. (Quand les ateliers sont chauffés à l'aide de la vapeur empruntée aux générateurs des machines fixes, une partie du combustible brûlé sous ces générateurs est portée au débit de ce compte).

Combustible des locomotives, bois et charbon, comptés au prix du tarif fixé chaque mois.

(1) Les trois premiers § de la *Première partie*, se rapportant au *Service de la Tractian*, sont insérés dans les N^os suivants de la *Revue générale* : N° de Février 1887, p. 61. *Personnel* ; — N° d'Avril 1887 ; 2° *Service des mécaniciens et chauffeurs*, p. 207 ; 3° *Parcours des locomotives*, p. 219.

Nous ajouterons que M. BAUDRY, Ingénieur en chef adjoint du Matériel et de la Traction de la Compagnie P. L.-M., que nous avons eu le plaisir d'avoir comme compagnon de route aux États-Unis, vient de publier des notes autographiées « *Sur le service du Matériel et de la Traction de quelques chemins de fer américains* ». Nous avons été heureux de constater que nos appréciations se rapprochent en général de celles de M. Baudry.

Divers. (Fournitures aux laboratoires et ateliers d'essais, glace pour les ateliers, secours en cas d'accidents, dépenses diverses ne rentrant dans aucun des autres chapitres.)

Manœuvres, comprenant le chargement et le déchargement des matières en magasin, le balayage des ateliers, l'enlèvement des mâchefers des locomotives, le service d'appel à domicile des mécaniciens et chauffeurs, le remplissage des chaudières de locomotives, le service du chauffage, les opérations d'inventaires.

Outillage et accessoires des locomotives. Réparation et renouvellement des fanaux, des petites lanternes, des outils et coffres, des prolonges, bâtons de manœuvres, ringards, pinces, pelles, pics, balais, torches, burettes, coussins, rideaux, cordes de cloches, drapeaux, etc.

Réparation des locomotives. (Nous donnons plus bas et à part le détail de ce compte).

Huile des locomotives. Graissage des locomotives et tenders compté au prix du tarif mensuel.

Suif des locomotives. (Idem).

Déchet pour locomotives. (Idem).

Sable pour locomotives. (Prix du sable, combustible et main-d'œuvre pour le dessécher).

Fournitures de bureau et imprimés.

Impositions sur les bâtiments des dépôts et ateliers (State, County, City, boro et township taxes).

Réparations des outils et machines outils, comprenant la réparation et le remplacement des machines-outils, de l'outillage des forges, courroies, brouettes, lorries, brosses et pôts à couleurs, etc.

Gardiens. Gardes de jour et de nuit, concierges, dépenses des appareils de contrôle de rondes.

Prises d'eau, dépôts de bois et de houille. Renouvellement et réparation des quais à combustible, conduites d'eau, tuyaux de réservoirs, pompes, puits, wagonnets, brouettes, pelles, burettes, huile et divers pour éclairage, combustible de chauffage, prix des concessions d'eau, salaire des charbonniers, temps des manœuvres des stations aidant au chargement des tenders.

A l'article « Réparation des Locomotives » on porte la matière et la main-d'œuvre dépensées tant pour la construction des locomotives et tenders neufs en remplacement d'autres supprimés de l'effectif, que pour les réparations, y compris les freins à air ou à main, les sifflets, cloches, tubes de niveau, tenders

supplémentaires. On porte aussi à ce compte, le nettoyage des locomotives, l'émeri et le papier de verre, le borax, le déchet de laine pour garnir les boîtes à huile, une partie du prix de la dépense de nourriture et du ferrage des chevaux employés dans les ateliers, et de l'entretien des harnais et lorries.

Les matières et la main-d'œuvre sont, suivant le cas, tantôt appliquées directement au numéro d'une locomotive, tantôt comptées en bloc au chapitre : on fait ensuite chaque mois une division proportionnelle des dépenses ainsi comptées en bloc, entre toutes les machines de la section, suivant leur parcours, de manière à répartir toutes les dépenses du chapitre entre les différentes machines et à les rapporter au mille parcouru. Les autres dépenses faites pour l'entretien des locomotives figurent seulement au compte général de la traction, sans être réparties au mille parcouru.

Nous donnerons comme exemple le compte de la traction pour la division du Penn'a R.R. en 1885, tableau extrait du rapport de la Compagnie aux actionnaires :

	VOYAGEURS.		MARCHANDISES.		TOTAUX.	
	Dollars.	Francs.	Dollars.	Francs.	Dollars.	Francs.
Mécaniciens et Chauffeurs.....	314.002	1.570.010	1.013.805	5.069.025	1.327.807	6.639.035
Réparation des dépôts, Ateliers, etc.	16 122	80.610	45.071	225.355	61 193	305.965
Combustible pour chauffage	2.357	11.735	6.769	33.845	9.126	45.630
Combustible des Locomotives.....	221.800	1.109.000	926.675	4.633.325	1.148.475	5.742.375
Divers	19.204	96.020	47.681	238.405	66 885	334.425
Manœuvres	76.828	384.140	215.558	1.077.790	292.386	1.461.930
Outillage et Accessoires des Locomotives.....	9.636	48.180	25.309	126.540	34.945	174.725
Réparation des Locomotives	248.480	1.142.400	1.153.264	5.766.320	1.401.744	7.008.720
Huile des Locomotives.....	15.972	79.860	34.070	170.350	50.042	250.210
Sable des Locomotives.....	7.459	37.295	20.145	100.725	27.604	138.020
Fournitures de bureau et imprimés.	4.107	20.535	11.679	58.395	15.786	78.930
Suif des Locomotives.....	12.121	60.605	49.804	249.020	61.925	309.625
Impositions sur les Bâtiments.....	13.669	68.345	38.283	191.415	51.952	259.760
Réparation de l'Outillage et des Machines-outils.....	12.392	61.960	45.475	227.375	57.867	289.335
Déchets pour Locomotives..	9.499	47.495	21.876	109.380	31 375	156.875
Gardiens	8.123	40.615	28.026	125.130	33.149	165.745
Prise d'eau et de combustible	63.379	316.895	158.883	794.415	222.262	1.111 310
TOTAUX.....	1.055.150	5.275.750	3.839.373	19.196.865	4.894.523	24.472.615

La dépense totale est de 4.894.523 doll., pour un parcours de 22.578.500 milles (36.400.000 k^{m}) et peut se grouper comme il suit :

	Dollars.	Francs.	Centimes par Km.
Mécaniciens et Chauffeurs	1.327.807	6.639.035	18,2
Combustible des Locomotives	1.148.475	5.742.375	15,8
Graissage et déchet.	143.342	716.710	2,»
Réparation des Locomotives	1.401.744	7.008.720	19.2
Autres dépenses	873.155	4.365.775	12,»
TOTAUX	4.894.523	24.472.615	67,2

DÉPENSES DE TRACTION DU MICHIGAN CENTRAL R.R.

Sur le Michigan Central R. R., les dépenses de traction ont été en 1885 les suivantes :

	Dollars.	Francs
Réparation de l'Outillage et des Machines-outils	12.607	63.035
Personnel des Locomotives	677.252	3.386.260
Réparation des Locomotives	385.279	1.926.395
Combustible des Locomotives	888.809	4.444.044
Huile, Déche	60.659	303.295
Service de l'eau	49.433	247.165
TOTAL	2.074.039	10.370.195

Ces chiffres ne tiennent pas compte des dépenses des services centraux, ni des frais de bureau et divers. Le parcours des machines ayant été sur ce réseau de 20.800.000 k^{m}, c'est une dépense kilométrique de 50 centimes.

DÉPENSES DE TRACTION DU C B. & Q.R.R.

Sur le C.B. & Q.R.R., nous trouvons que 459 locomotives ont parcouru chacune en moyenne, pendant le mois de mars 1886, 4.300 k^{m}. La dépense s'établit comme il suit :

	Centimes par mille.	Centimes par Km.
Fournitures diverses	0,10	0,3
Réparations	5,04	15,7
Salaires	7,68	24,2
Huile et déchet	0,28	0,9
Combustible	5,56	17,3
TOTAL	18,66	58,4

ÉTAT MENSUEL

PERFORMANCE DES LOCOMOTIVES SUR LE CHICAGO, BURLINGTON & QUINCY R. R.,

WEST IOWA DIVISION

donnant les Dépenses complètes, en détail, pour le mois de Mars 1886.

N° des machines.	NOM DU MÉCANICIEN.	CONSTRUCTEUR.	Année de la construction.	CYLINDRES Diamètre (pouces).	CYLINDRES Course (pouces).	ROUES MOTRICES Nombre.	ROUES MOTRICES Diamètre (pouces).	POIDS (livres) Sur roues motrices.	POIDS (livres) Sur trucks.	MILLES PARCOURUS PAR LES LOCOMOTIVES — D'APRÈS LES TABLEAUX DE MARCHE. Voyag^es	D'APRÈS LES TABLEAUX DE MARCHE. Manœuvres	En plus des tableaux de marche.	Pourcentage pour manœuvres de route	Réparations de la voie.	Construction.	Manœuvres de Gares.	TOTAL.	Déchet. — (Livres)	Huile à graisser (Pintes)	Huile à éclairer (Pintes)	Huile des cylind^es (Pintes)	Houille (Tonnes)	Bois. — Cordes 128es.	SALAIRES — Mécaniciens Chauffeurs, Manœuvres des dépôts.	RÉPARATIONS. Main-d'œuvre.	RÉPARATIONS. Matières.	VALEUR DE (dollars et cents). Menues fournitures.	Huile et déchet.	Houille.	Bois.	PRIX TOTAL.	PRIX PAR MILLE EN CENTS. Menues fournitures.	Huile et déchet	Combustible.	Mécaniciens, Chauffeurs, Nettoyeurs.	Réparations	TOTAL par mille.	MILLES parcourus par Tonne de houille.	MILLES parcourus par Pinte d'huile.	TRAIN MOYEN remorqué. Voitures à voyag^es.	TRAIN MOYEN remorqué. Wagons chargés.	TRAIN MOYEN remorqué. Wagons vides.	CLASSE pour le combustible.	CLASSE pour l'huile.	N° des machines.	REMARQUES.
213	I. King	C., B. & Q.	1884	18	24	4	57	53150	28750	3946	.....	260	.....	.....	.....	.....	4206	38	104	67	60	154 50	2 3	328 60	23 20	48 00	3 02	8 15	247 20	5 47	663 64	0.1	0.2	6.0	7.8	1 7	15.8	26.8	25.6	6.6	.....	.....	2	1	243	Voy. directs. Creston à Council Bluffs.
290	B. Russell	»	1885	18	24	4	57	54740	27560	3795	.....	250	.....	.....	.....	.....	4045	39	117	89	75	179 00	2 6	313 10	29 70	16 85	3 62	9 51	286 40	5 94	665 12	0.1	0.2	7.2	7.7	1.2	16.4	22.3	21.0	6.6	.....	.....	2	1	290	id. Creston à Council Bluffs.
295	W. C. Berry et autres	»	1885	18	24	4	57	53850	29350	2716	.....	160	.....	40	.....	.....	2916	36	93	34	70	130 50	1 9	224 70	203 50	58 85	1 96	7 77	208 80	9 90	709 48	0.1	0 3	7.3	7.0	9.0	23.7	22.1	17.9	6.5	.....	.....	2	2	295	id. Creston à Council Bluffs. A l'atelier partie du mois.
250	J. Francis et autres	Manches'r.	1868	16	24	4	57	38600	22500	6364	.....	.....	.....	.....	.....	.....	6364	37	176	124	126	149 00	3 4	391 80	45 90	29 30	2 01	13 44	238 40	8 12	728 97	....	0.2	3.9	6.2	1.2	11.5	41.8	21.1	3 5	....	.....	1	1	250	id. Creston à Kansas City.
57	J. Kennedy et autres	C., B. & Q.	1880	14	22	4	58	40450	22350	3000	.....	28	.....	.....	.....	42	3070	54	68	115	60	165 00	1 15	233 10	6 80	1 10	2 14	10 10	168 00	4 84	426 08	0.1	0.3	5.6	7.6	0 3	13 9	28.7	24.0	3.1	.....	.....	2	1	57	Voy. locaux. Red Oak à East Nebraska City.
254	A. Johnson et autres	Manches'r.	1869	14	22	4	57	41700	24900	2576	.....	.....	.....	.....	.....	.....	2576	41	80	21	78	56 50	11	197 55	12 45	4 25	2 54	7 92	90 40	1 72	316 83	0.1	0.3	3.6	7.7	0.6	12.3	45.0	16.3	1.2	.....	.....	1	2	254	id. Creston à Cumberland.
218	Vanderbeck et Quinlan	Haly & W.	1870	16	24	4	57	39780	24690	3105	2990	.....	149	.....	.....	.....	6244	60	153	118	150	255 50	2 8	460 75	47 90	40 20	3 08	15 71	408 80	6 25	982 69	....	0.3	6.6	7.4	1.4	15.7	24.2	20.6	3.3	12.9	2.9	2	1	218	Voy. directs et March. directs. Creston à Ottumwa.
269	Sutherland et Flint	Manches'r.	1870	16	24	4	57	40000	22000	3105	3105	.....	155	.....	.....	.....	6365	57	154	73	111	176 50	2 8	469 90	42 45	45 80	2 93	15 75	282 40	6 25	865 48	....	0.3	4.5	7.4	1.4	13 6	35.6	24.0	2.0	11.1	3 6	1	1	269	id. id. Creston à Ottumwa.
89	W. Russ et S. Skinner	Mason.	1863	16	24	4	56	.....	.....	4104	1809	270	90	.....	.....	.....	6273	47	152	95	136	190 50	1 3	462 60	22 05	12 25	3 40	13 54	304 80	2 97	821 61	0.1	0.2	4.9	7.4	0.5	13.1	32.7	21.8	2.5	6.2	7.7	2	1	89	Voy. directs et March. directs. Creston à Council Bluffs.
238	G. Johnson	»	1857	16	22	4	57	38630	24570	496	1610	.....	80	.....	.....	12	2198	32	44	11	28	68 50	1 9	180 55	17 40	10	2 00	4 40	109 60	3 90	317 95	0.1	0.2	5.2	8.2	0.8	14.5	31.4	30.5	1 9	2.4	1.1	2	1	238	Mixtes. Red Oak à Griswold.
274	D. W. Scullen	Manches'r	1870	16	24	4	57	41800	24650	489	1955	.....	98	.....	.....	.....	2542	29	78	18	74	89 50	1 4	222 55	26 00	3 80	2 22	6 88	143 20	3 12	407 77	0.1	0.3	5.8	8.8	1.2	16.2	28.0	16.7	1.0	5.9	1.8	2	2	274	id. Creston à Cumberland.
283	H. D. Esden	»	1870	16	24	4	53	46100	25680	374	1582	.....	79	80	.....	738	2853	50	63	48	54	80 50	2 1	244 75	72 65	8 20	2 61	7 99	128 80	5 16	470 16	0.1	0.3	4.7	8.6	2.8	16.5	34 5	24 4	1.0	2 5	1.0	2	1	283	id. Hastings à Sidney et Carson.
16	J. Harsh	C., B. & Q.	1878	17	24	4	53	50225	27775	115	2440	.....	122	120	.....	.....	2797	40	85	56	62	159 00	15	231 05	25 15	27 35	2 92	8 06	254 40	2 34	551 27	0.1	0.3	9.2	8.3	1.9	19.8	17.5	19.0	7.0	15.2	4.6	3	1	16	March. directs. Creston à Ottumwa.
328	C. E. Leens et autres	Manches'r.	1879	17	24	4	57	40950	25500	.....	2240	.....	112	.....	.....	.....	2332	38	70	43	64	143 50	1 3	203 95	53 15	18 90	4 13	7 51	229 60	2 98	520 22	0.2	0.3	9 9	8.7	3.1	22.2	16.2	17 6	.....	13.5	3 2	3	2	328	id. Creston à Ottumwa.
331	L. Brown	»	1879	17	24	4	53	49540	27210	.....	2571	.....	129	120	.....	.....	2820	40	66	39	75	145 00	1 10	216 75	49 90	6 75	3 30	7 86	232 00	4 06	550 62	0.1	0.3	8.4	8.7	2.0	19.5	19.2	20.0	.....	16.1	2.1	3	1	331	id. Creston à Ottumwa.
392	D. Sutherland	Baldwin.	1881	20	24	8	44	90900	15100	.....	2426	.....	121	.....	.....	....	2547	44	99	62	98	165 50	1 9	260 30	63 85	6 80	3 21	10 19	264 80	3 90	613 05	0.1	0.4	10.5	10.2	2.8	24.0	15.3	12.9	.....	24.9	2.9	3	2	392	id. Creston à Ottumwa.
394	B. E. Parkins	»	1881	20	24	8	44	88150	12700	.....	2330	.....	116	.....	.....	....	2446	38	53	77	95	176 00	1 8	248 40	57 90	15 45	2 94	9 19	281 60	3 75	619 23	0.1	0.4	11 7	10.2	3.0	25.4	13.8	16.5	....	26.9	2.9	3	1	394	id. Creston à Ottumwa.
416	C. H. Anderson	»	1882	20	24	8	44	89400	14090	.....	2586	.....	129	.....	.....	.....	2715	35	108	66	104	180 50	15	272 90	51 75	28 05	3 81	10 06	288 80	2 34	657 71	0.1	0 4	10.7	10.1	2 9	24.2	15.0	12.8	.....	18.7	4.8	3	2	416	March. directs. Creston à Ottumwa.
423	J. Bowser	»	1882	20	24	8	44	90500	13200	.....	2422	.....	121	.....	.....	.....	2543	38	86	74	87	188 50	1 10	235 65	52 10	23 75	5 51	9 32	301 60	4 06	631 99	0.2	0 4	12.0	9.3	3.0	24.9	13.4	14.7	.....	25.1	3.1	3	1	423	id. Creston à Ottumwa,
431	Ledgerwood, Danielson, autres.	Manches'r.	1883	17	24	4	53	53140	28610	48	3172	.....	159	.....	.....	.....	3379	41	70	23	74	152 00	1 11	289 00	19 75	2 75	2 26	7 70	243 20	4 22	568 88	0.1	0.2	7.3	8 6	0.7	16.9	21.9	23 5	2.3	11.2	3.1	2	1	431	id. Creston à Ottumwa.
457	M. Dailey	Baldwin.	1884	20	24	8	44	92500	14500	.....	1990	.....	99	.....	.....	.....	2089	38	73	67	58	151 50	1	219 80	88 90	71 27	4 01	7 59	242 40	2 50	636 47	0.2	0.4	11.8	10.5	7.7	30.6	13.7	15.9	.....	26 1	1.9	3	1	457	id. Creston à Ottumwa.

(Nous supprimons ici les chiffres pour 30 Locomotives à marchandises, Trains directs.)

N° des machines.	NOM DU MÉCANICIEN.	CONSTRUCTEUR.	Année de la construction.	CYLINDRES Diamètre (pouces).	CYLINDRES Course (pouces).	ROUES MOTRICES Nombre.	ROUES MOTRICES Diamètre (pouces).	POIDS (livres) Sur roues motrices.	POIDS (livres) Sur trucks.	MILLES PARCOURUS PAR LES LOCOMOTIVES — D'APRÈS LES TABLEAUX DE MARCHE. Voyag^es	D'APRÈS LES TABLEAUX DE MARCHE. Manœuvres	En plus des tableaux de marche.	Pourcentage pour manœuvres de route	Réparations de la voie.	Construction.	Manœuvres de Gares.	TOTAL.	Déchet. — (Livres)	Huile à graisser (Pintes)	Huile à éclairer (Pintes)	Huile des cylind^es (Pintes)	Houille (Tonnes)	Bois. — Cordes 128es.	SALAIRES — Mécaniciens Chauffeurs, Manœuvres des dépôts.	RÉPARATIONS. Main-d'œuvre.	RÉPARATIONS. Matières.	VALEUR DE (dollars et cents). Menues fournitures.	Huile et déchet.	Houille.	Bois.	PRIX TOTAL.	PRIX PAR MILLE EN CENTS. Menues fournitures	Huile et déchet	Combustible.	Mécaniciens, Chauffeurs, Nettoyeurs.	Réparations	TOTAL par mille.	MILLES parcourus par Tonne de houille.	MILLES parcourus par Pinte d'huile.	TRAIN MOYEN remorqué. Voitures à voyag^es.	TRAIN MOYEN remorqué. Wagons chargés.	TRAIN MOYEN remorqué. Wagons vides.	CLASSE pour le combustible.	CLASSE pour l'huile.	N° des machines.	REMARQUES.
455	T. C. Clegg	Baldwin.	1884	20	24	8	44	92500	14500	.....	506	.....	25	50	.....	.....	581	24	76	21	16	42 50	12	61 70	345 10	93 05	9 35	3 98	68 00	1 88	583 06	1.6	0.7	12.0	10.6	....	.....	.....	.....	.....	13.6	1.7	....	....	455	March. directs. Creston à Pacific Junction. A l'atelier presque tout le mois.
456	W. Towne	»	1884	20	24	8	44	92500	14500	.....	2308	.....	115	.....	.....	.....	2423	41	92	78	70	178 50	13	249 40	31 80	36 35	3 89	8 77	285 60	2 03	617 84	0.2	0.4	11.9	10.3	2.8	25.6	13.5	15.0	.....	19.2	3.5	3	1	456	id. Creston à Pacific Junction.
101	T. Burns	C., B. & Q.	1978	17	24	4	57	50000	28200	.....	2929	.....	146	.....	.....	.....	3075	33	70	88	64	191 50	2 8	260 10	58 30	75 95	2 46	7 91	306 40	6 25	717 37	0.1	0.3	10.2	8.5	4.4	23.5	15.8	22.9	.....	13.2	6.1	3	1	101	id. Creston à Council Bluffs.
430	O. Bowser	Manches'r.	1883	17	24	4	57	51600	28200	.....	3131	.....	157	.....	.....	.....	3288	31	90	62	66	225 00	2 12	267 60	20 10	16 15	2 62	7 77	360 00	6 88	681 12	0.1	0.2	11.2	8.1	1.1	20.7	14.4	21 1	.....	12.5	5.4	3	1	430	id. Creston à Council Bluffs.
189	C. E. Riford	»	1872	16	24	4	53	.....	.....	.....	2458	124	123	240	.....	.....	2945	33	39	64	74	110 00	2 1	254 65	91 35	80 80	6 43	7 47	176 00	5 16	621 86	0.2	0.3	6.2	8.6	5.8	21.1	26.3	26.1	.....	13.3	2.8	2	1	189	March. directs Creston à St.-Joseph.
293	W. Dooling et autres	»	1871	16	24	4	53	.....	.....	.....	1817	110	91	150	.....	.....	2168	30	60	53	42	97 00	1 8	185 90	217 65	153 45	13 82	5 99	155 20	3 75	735 76	0.6	0.3	7.3	8.6	17.1	33.9	22.0	21.3	.....	14.6	3.2	2	1	293	id. Creston à St.-Joseph. A l'atelier partie du mois.
196	P. Hogan et autres	»	1872	17	24	4	53	.....	.....	.....	2910	.....	145	.....	.....	84	3139	13	106	68	64	137 00	1 12	266 60	124 15	56 00	3 89	6 50	219 20	4 38	680 72	0.1	0.2	7.1	8.5	5.7	21.6	22.6	18.5	.....	11.3	1.5	2	1	196	March. Villisca à Bigelow.
258	M. Nelson	»	1869	16	24	4	53	40300	22000	.....	2709	.....	135	10	.....	.....	2854	28	62	47	47	133 50	1 12	246 15	93 85	10 25	4 84	6 18	213 60	4 38	579 25	0.2	0.2	7.6	8.6	3.6	20.2	21.1	26.2	.....	11.5	1.2	2	1	258	March. Villicca à Bigelow. A l'atelier partie du mois.
296	J. M. Ledgerwood	»	1871	16	24	4	53	.....	.....	.....	2392	.....	120	.....	.....	.....	2512	33	68	42	68	149 00	1 10	219 20	13 80	29 75	1 88	7 62	238 40	4 06	514 71	0.1	0.3	9.7	8.7	1.7	20.5	16.7	18.5	.....	13.5	3.0	3	1	296	March. locaux. Red Oak à East Nebraska City.
278	M. S. Evans	»	1870	16	24	4	53	40200	20350	.....	.....	.....	.....	3300	.....	.....	3300	45	54	27	40	60 00	1 5	242 15	26 75	41 30	1 83	6 36	96 00	3 28	417 67	0.1	0.2	3.0	7.3	2.1	12.7	53.8	35.1	.....	.....	.....	1	1	278	Réparations de le voie. West Iowa Division.
349	J. Christman	Baldwin.	1880	20	24	8	44	89700	13800	.....	.....	.....	.....	580	.....	.....	580	21	88	10	14	15 50	6	35 25	724 20	505 05	20 53	3 84	24 80	94	1314 61	3.5	0.7	4.4	6.1	....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	...	...	349	Réparations de la voie. West Iowa Division. A l'atelier presque tout le mois.
231	Anderson et Hall	Manches'r.	1874	15	22	4	44	47700	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	4146	4146	35	117	227	60	69 50	8	312 40	30 70	1 75	3 13	10 84	111 20	1 25	471 27	0.1	0.2	2.7	7.5	0.8	11.3	59 2	23.4	.....	.....	.....	1	1	231	Man. gare. Creston.
354	G. H. Near et autres	C., B. & Q.	1883	16	22	4	44	60000	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1086	1086	17	46	85	28	44 50	10	76 50	30 75	5 80	2 28	4 59	71 20	1 56	192 68	0 2	0.4	6.7	7.0	3.4	17.7	24.1	14.7	.....	.....	.....	2	3	354	id. Creston. Arrêtée partie du mois.
460	J. Samuelson, W Dailey	»	1886	18	24	6	44	86000	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	4134	4134	31	64	235	160	88 00	8	310 60	27 80	2 25	3 15	14 23	140 80	1 25	500 08	0.1	0.4	3.4	7.5	0 7	12.0	46.7	18.5	.....	.....	.....	1	1	460	id. Creston.
461	Knowles et Fox	»	1886	18	24	6	44	86000	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	4019	4019	28	134	182	108	102 00	12	302 14	28 75	4 75	4 01	11 97	163 20	1 88	516 70	0.1	0 3	4.1	7.5	0.8	12.8	39.1	16.6	.....	.....	.....	1	2	461	Man. gare. Creston.
271	Arnold et Kennedy	Manches'r.	1870	17	24	4	53	46530	26470	.....	2104	.....	105	390	.....	2604	5093	26	110	101	174	205 50	6	397 60	20 60	2 90	2 25	13 24	328 80	94	782 83	....	0.3	6.3	7.6	0.8	15.0	25.3	18.3	.....	10.8	3.6	2	1	271	id. Villisca.
182	Combs et Gibson	C., B. & Q.	1885	16	22	4	44	60070	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	4230	4230	30	101	186	78	73 00	5	320 80	11 05	30 95	2 16	10 41	116 80	78	492 95	0.1	0 2	2 8	7.6	1 0	11.7	57 7	23.6	.....	.....	.....	1	1	182	id. Red Oak.
94	J. V. Gavney, A. Collom	»	1876	16	22	4	44	59000	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	4254	4254	18	103	178	106	93 00	10	320 00	11 85	32 60	4 26	10 50	148 80	1 56	529 57	0.1	0.2	3.5	7.5	1.0	12.3	45.4	20.4	.....	.....	.....	1	1	94	id. Pacific Junction.
411	Vickers, Vance et autres	»	1881	16	22	4	44	59900	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	4272	4272	22	110	173	116	86 00	10	297 50	9 00	1 00	1 85	11 23	137 60	1 56	459 74	....	0.3	3.3	7.0	0.2	10.8	49.3	18.9	.....	.....	.....	1	1	411	id. Pacific Junction.
336	B. Donahue, J. Mikesill	»	1879	15	22	4	44	54700	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	941	941	2	20	44	16	18 00	8	68 00	142 40	10 40	1 83	2 15	28 80	1 25	254 83	0.2	0.2	3.2	7.2	16.2	27.0	50 9	26.1	.....	.....	.....	1	1	336	Man. gare. Council Bluffs. A l'atelier presque tout le mois.
62	Donahue, Mikesill et autres	»	1874	16	22	4	44	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	3200	3200	15	87	150	64	63 50	1 8	248 90	10 35	3 30	4 31	8 36	101 60	3 75	380 57	0.1	0.3	3.3	7.8	0.4	11.9	49.4	21 2	.....	.....	.....	1	1	62	id. Council Bluffs.
232	D. A. Snyder	Manches'r.	1874	15	22	4	44	53950	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	2300	2300	50	68	48	50	49 50	.....	173 05	35 90	12 30	5 67	8 09	79 20	.....	314 21	0.2	0.3	3.4	7.5	2.1	13.5	46.5	19.5	.....	.....	.....	1	1	232	id Cleveland
190		»	1872	16	24	4	53	41425	23200	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	721 20	289 20	1 83	07	.....	.....	1012 30	....	....	....	....	....	....	....	....	.....	.....	.....	...	.	190	Ateliers de Creston tout le mois.
228	F. L. Burtch	»	1874	17	24	4	57	48370	27340	.....	75	.....	4	380	.....	.....	459	16	40	7	16	18 00	9	36 00	724 30	169 10	15 78	2 68	28 80	1 40	978 06	....	....	....	....	....	....	....	....	.....	18.0	4.0	...	...	228	Ateliers de W. Burlington presque tout le mois.
252		»	1869	16	24	4	57	40400	23700	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	358 40	84 80	1 83	.....	.....	.....	.....	445 03	....	....	....	....	....	....	....	....	.....	.....	.....	...	...	252	Ateliers de Creston tout le mois.
280		C., B. & Q.	1884	17	24	4	53	49700	26110	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	19	104	.....	.....	.....	.....	.....	590 20	155 65	2 35	2 89	.....	.....	751 04	....	....	....	....	....	....	....	....	.....	.....	.....	...	...	280	Ateliers de W. Burlington tout le mois.
289		Manches'r.	1871	17	24	4	53	47880	25400	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	390 10	61 30	1 83	.....	.....	.....	453 23	....	....	....	....	....	....	....	....	.....	.....	.....	...	...	289	Ateliers de Creston tout le mois.
311		»	1878	17	24	4	57	48400	26500	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	505 85	98 75	1 83	.....	.....	.....	606 43	....	....	....	....	....	....	....	....	.....	.....	.....	...	...	311	id. id.
353		C., B. & Q.	1883	16	22	4	44	60000	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	323 15	343 35	2 13	.....	.....	.....	668 63	....	....	....	....	....	....	....	....	.....	.....	.....	...	...	353	Ateliers de Creston tout le mois.
389		Baldwin.	1881	20	24	8	44	90500	14700	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	387 44	233 35	1 84	07	.....	.....	1122 70	....	....	....	....	....	....	....	....	.....	.....	.....	...	...	389	id. id.
408		Manches'r.	1881	17	24	4	57	46750	27100	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	361 55	131 80	1 84	.....	.....	.....	495 19	....	....	....	....	....	....	....	....	.....	.....	.....	...	...	408	id. id.
410		B., B. & Q.	1881	16	22	4	44	58850	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	409 60	78 70	2 98	.....	.....	.....	491 28	....	....	....	....	....	....	....	....	.....	.....	.....	...	...	410	id. id.
	Dépenses effectuées																							18426 64	9854 64	4081 52	338 24	636 80	17200 00	225 94	50763 78																
	Crédits donnés par la Comptabilité																							247 65		868 79	39 86	30 23	2397 34	11 45	3534 86																
	Totaux et moyennes { Mars 1886.									34790	134168	1296	6705	8050		36527	221536	2791	6195	5454	5330	10750 00	90 6	18178 99	9854 64	3212 73	298 38	667 03	14802 66	214 49	47228 92	0.13	0.30	6.78	8.21	5.90	21.32	20 44	19.22	4.06	14.60	3.05	3	1		Nombre de machines, 83.
	Totaux et moyennes { Mars 1885.									41024	191306	3429	9568	7500		37576	296103	3334	8864	8108	7363	16949 50	214 8	21935 08	10004 92	5516 73	402 71	997 40	22826 45	461 21	62144 50	0.14	0.34	8.02	7.55	5.34	21.39	16.92	17.90	4.87	15.72	7.39	3	2		Nombre de machines, 80.

BÉTAIL ATTEINT : 14 Cochons, 1 Mouton, 12 Vaches, 1 Cheval.

MILLES PARCOURUS par pinte d'huile : { toutes sortes..... 13,05. / graissage seul.... 19,22.

THERMOMÈTRE (FAHR)..... { Maximum..... + 42 / Minimum..... + 11 / Moyen..... + 30

TARIF du bois : dollars, 2,50 la corde ; de la houille : dollars, 1,60 la tonne.

Une corde de bois pour l'allumage comptée comme une tonne de houille.

CLASSE pour le combustible. { 1re classe... 13 Machines. / 2e classe... 17 — / 3e classe... 41 —

CLASSE pour l'huile. { 1re classe... 58 Machines. / 2e classe... 12 — / 3e classe... 1 —

GODFREY W. RHODES, Sup't Motive Power, Aurora, Ill.

C. W. ECKERSON, Div. M. M., Creston, Iowa.

E. W. YATES, Chief Clerck Motive Power Dep't, Aurora, Ill.

Les dépenses dites de réparation ne comprennent, de même qu'au Penn'a R. R., que les dépenses de matières et de main-d'œuvre des ateliers et dépôts. La feuille imprimée ci-contre (1) donne pour l'une des divisions de ce réseau, les dépenses des locomotives pendant ce même mois, machine par machine. Dans chaque division du réseau, on publie mensuellement une feuille semblable.

On y trouve les parcours aux divers services, les consommations de matières de graissage, de combustible, les salaires des mécaniciens, chauffeurs et manœuvres des dépôts, le prix des réparations divisé en main-d'œuvre et matières. Les dépenses sont données en bloc pour chaque article en dollars et cents et rapportées au mille parcouru. Les tonnes sont de 2.000 livres ou 906$^{kg.}$ La pinte vaut 0$^{l.}$,57. On remarquera, en ce qui concerne les dépenses de réparation, que les frais généraux n'y figurent pas, ainsi que nous venons de le dire ; la dépense de réparation varie naturellement beaucoup d'une machine à l'autre dans un même mois ; pour certaines machines, en effet, cette dépense pourrait être nulle, si elle ne comprenait une répartition proportionnelle des frais de matières et de main-d'œuvre qui ne sont pas appliqués aux numéros des machines. Au contraire, la dépense peut être très forte sur une locomotive en grande réparation à l'atelier.

Nous ne multiplierons pas ces exemples généraux, et nous donnerons quelques détails sur des points particuliers.

LOCOMOTIVES CONSTRUITES EN REMPLACEMENT.

Nous avons vu qu'au Penn'a R. R., la dépense de construction des locomotives en remplacement était portée au compte de réparation. Le compte du remplacement d'une locomotive est naturellement crédité de la valeur des vieilles matières de la locomotive remplacée, si on la démolit, ou bien du prix auquel on peut la vendre. D'après ce que nous avons vu sur les registres du Penn'a R. R., ces ventes de vieilles locomotives seraient assez fréquentes ; les prix en sont même souvent élevés ; ainsi, nous avons été surpris de voir pour un lot de locomotives neuves en remplacement, à côté d'un débit de $ 9.500 (45.000 francs) (dépenses de construction) un crédit de $ 8.000 (40.000 francs) par locomotive. On nous a dit que les anciennes locomotives vendues à ce prix étaient d'un type moderne et peu usées. On est toutefois tenté de supposer que des ventes aussi avantageuses de vieux matériel doivent être l'une des clauses de contrats passés entre Compagnies diverses.

---

(1) Nous pensons intéressant de publier ce spécimen, pour montrer quel énorme travail du bureau et d'impression représentent ces feuilles.

& QUINCY R. R.,

ENTS. Répa-rations	TOTAL par mille.	MILLES parcourus par Tonne de houille.	MILLES parcourus par Pinte d'huile.	TRAIN MOYEN remorqué. Voitures à voyag^rs.	TRAIN MOYEN remorqué. Wagons chargés.	TRAIN MOYEN remorqué. Wagons vides.	CLASSE pour le combustible.	CLASSE pour l'huile.	N° des machines.	REMARQUES.
1 7	15.8	26.8	25.6	6.6	.....	.....	2	1	243	Voy. directs. Creston à Council Bluffs.
1.2	16.4	22.3	21.0	6.6	.....	.....	2	1	290	id. Creston à Council Bluffs.
9.0	23.7	22.1	17.9	6.5	.....	.....	2	2	295	id. Creston à Council Bluffs. A l'atelier partie du mois.
1.2	11.5	41.8	21.1	3 5	....	.....	1	1	250	id. Creston à Kansas City.
0 3	13 9	28.7	24.0	3.1	.....	.....	2	1	57	Voy. locaux. Red Oak à East Nebraska City.
0.6	12.3	45.0	16.3	1.2	.....	.....	1	2	254	id. Creston à Cumberland.
1.4	15.7	24.2	20.6	3.3	12.9	2.9	2	1	218	Voy. directs et March directs. Creston à Ottumwa

LOCOMOTIVES CONSTRUITES EN AUGMENTATION D'EFFECTIF.

Quand des locomotives sont construites en augmentation d'effectif, la dépense est portée au compte capital (equipment account).

D'après les règlements, on doit débiter ce compte du prix total des locomotives et tenders nouveaux, ne remplaçant pas des machines supprimées de l'effectif, avec tous leurs accessoires ; que ces machines neuves soient achetées au dehors ou construites dans les ateliers de la Compagnie. Nous remarquerons que le système de comptabilité que nous venons d'exposer doit conduire à un chiffre trop faible pour les machines neuves, et tendre à faire croire à un grand écart entre les prix du dehors et ceux des ateliers (à moins qu'on ne facture un supplément, pour éviter cet inconvénient.) On porte à ce même compte le prix des wagons, bateaux à vapeur, chalands, machines-outils, construits en augmentation d'effectif. Nous ajouterons que les dépenses de construction de bâtiments pour le service de la traction (ateliers de machines et de wagons, dépôts, habitations de chef de dépôts, d'ateliers, etc.), y compris les voies intérieures et plaques tournantes sont portées au compte de construction. Enfin, le prix du terrain est porté au compte du domaine (real estate account) qui comprend tous les terrains autres que ceux des voies principales. Pour l'installation de prises d'eau et de parcs à combustible, on porte de même au compte de construction, celle des bâtiment, puits, réservoir, machines.

Pour terminer ce qui concerne la réparation des locomotives, nous donnerons quelques renseignements statistiques sur le nombre de machines qui se trouvent aux ateliers, et sur la nature des réparations principales.

D'après un état que nous a remis M. Sheppard, Ingénieur de la Compagnie du Penn'a R. R., il y avait au 31 Mai 1886, sur un effectif de 822 locomotives, appartenant à la Penn'a R. R. division, 133 locomotives aux ateliers, se décomposant ainsi entre les divers dépôts ou divisions :

Philadelphia	division	30
Middle	»	29
Pittsburgh	»	35
Tyrone	»	3
W. Penn'a	»	8
Altoona	»	14
Monongahela	»	5
Frederick	»	2
Lewistown	»	2
Schuylkill	»	5
	Total	133

Sur le Michigan Central R. R., 177 locomotives ont eu de grandes répara-

tions en 1885, sur 396 ayant fait du service. Les principaux travaux exécutés sont les suivants :

Remplacement de foyers	3
— de bandages	239
— de roues motrices	31
— d'essieux moteurs	42
— de roues porteuses (en fonte) de trucks et de tenders.	3.176
— d'essieux de trucks et de tenders	601
— de garnitures de tubes	9
— de trucks de locomotives	2
— de châssis de tenders	9
— de trucks de tenders	8

On remarquera la grande consommation des roues en fonte coulées en coquille, qui sont mises au rebut, sans pouvoir être retournées, dès que la surface de roulement est usée.

CONSOMMATION DU COMBUSTIBLE.

Donnons maintenant quelques chiffres sur la consommation de combustible. Cette consommation est énorme, et nous aurions peine à admettre certains chiffres, s'ils n'étaient donnés de la manière la plus nette dans les statistiques des Compagnies. On a déjà pu en juger, quand nous avons parlé des primes d'économie et donné quelques exemples d'allocation. Nous en choisirons quelques autres dans les tableaux que nous possédons.

Prenons d'abord la Penn'a R. R. div., dont nous avons souvent parlé déjà ; le tableau ci-dessous donne les consommations en Avril 1885 et 1886 ; nous y joignons la charge moyenne des trains.

Si les chiffres de consommation sont encore plus élevés au Penn'a R. R. que dans les autres exemples qui suivent, nous pensons que ce fait tient à l'emploi étendu sur ce réseau de fortes locomotives à 4 essieux couplés (comparables à celles du Nord français, qui cependant ne brûlent que 15 kg. par kilomètre en moyenne).

	Avril 1885.	Avril 1886.
Nombre moyen de Voitures des trains de voyageurs	5.223	4.891
d° Wagons d° marchandises	26.731	25.911
Consommation moyenne par Voitures des trains de voyageurs	3kg.,015 par Km.	3kg.,630 par Km.
d° par Wagons d° marchandises	1 ,260 »	1 ,330 »
d° par Km. des trains de voyageurs	15 ,7 »	17 ,8 »
d° d° marchandises	33 ,7 »	34 ,5 »

Les chiffres pour une année entière sont à peu près les mêmes.

Les charbons employés au Penn'a R. R. ne sont pas d'ailleurs de mauvaise qualité, ainsi qu'on peut en juger par les analyses, qui suivent, de plusieurs espèces, entrant pour une forte part dans la consommation.

	MAT. VOL.	CARBONE FIXE.	CENDRES
Houille de la Clairfield région	25.63	61,63	12,73
d° d°	34,31	56,86	9,82
Houille de l'Est des Alleghenies	18,02	73,80	8,18
d° l'Ouest d°	35, »	66,70	8,05
Houille entre Pittsburgh et Altoona	21,25	62,45	9,30

Le prix de ces charbons varie actuellement de 60 à 80 cents les 2.000^{liv} (3$^{fr.}$ 30 à 3$^{fr.}$ 40 la tonne métrique) sur le carreau des mines.

Certaines locomotives du réseau brûlent de l'anthracite.

CONSOMMATION DES LOCOMOTIVES SUR LE C B. & Q.R.R.

Sur le C. B. & Q. R. R, les machines ont consommé en moyenne 26$^{kg.}$ par km. en Mars 1885 et 22$^{kg.}$,6 en Mars 1886. Cette moyenne est établie en comptant les machines à voyageurs et à marchandises, les machines de gares et en majorant de 5 %, les parcours des machines à marchandises, pour tenir compte des manœuvres de passage.

La charge moyenne des trains de voyageurs était de 4,89 et 4,90 voitures en Mars 1885 et 1886, et celle des trains de marchandises de 14,49 wagons pleins et 6,24 vides en Mars 1885, et de 18,57 wagons pleins et 3,64 vides en Mars 1886. La houille était facturée à la traction, en Mars 1886, $ 1,60 les 2.000^{lbs}, ou 8$^{fr.}$ 80 la tonne métrique.

On trouve la consommation machine par machine sur la feuille de *performance*, donnée p. 321bis.

CONSOMMATION DES LOCOMOTIVES SUR LE P.C. & S L Ry.

Sur le P. C. & St.-L. Ry, les parcours et les consommations des machines ont été en 1885 :

	KILOMÈTRES	KILOGRAMMES de houille en kilomètres.
Trains de voyageurs	1.860.000	14
Trains de marchandises	4.000.000	26
Manœuvres,	927.000	14 1/2
Trains du service de la voie	114.000	11 3/4
TOTAL ET MOYENNE	6.901.000	22

Le prix moyen de la houille était de 5fr. la tonne métrique. La charge moyenne des trains a été de 5,50 voitures pour les trains de voyageurs et de 20,83 pour ceux de marchandises.

CONSOMMATION DE COMBUSTIBLE DU MICHIGAN CENTRAL.

Sur le Michigan Central R. R., la consommation moyenne est moindre; elle a été de 19 kg. en moyenne par km. en 1885. La houille coûtait 11fr. 25 la tonne. Bien entendu, on ne peut comparer rigoureusement l'un à l'autre ces chiffres de consommation qui varient suivant la nature des services, les types de machines, etc.

Nous reparlerons un peu plus loin de cette consommation excessive, et nous indiquerons à quelle cause on l'attribue généralement.

CONSOMMATION DES MATIÈRES DE GRAISSAGE.

Citons quelques exemples, pris sur diverses lignes, des quantités d'huile consommées et des dépenses de graissage.

Sur la Canada Southern Div. du M. C. R. R., on a consommé, en Avril 1886, par kilomètre 0litre,0163 d'huile. La dépense des matières de graissage et de déchet a été 0c.,62 par km. En Avril 1885, ces chiffres étaient de 0litre,0380 et de 2c.,26 ; la consommation a été constamment en diminution depuis cette époque.

Sur le C. B. & Q. R. R, on a consommé en Mars 1886, 0litre,0252 par km ; la dépense kilométrique de graissage et de déchet a été de 0c.,87. On voit sur la feuille de *performance* des locomotives les consommations machine par machine.

Nous avons vu que sur le Penn'a R. R. div. la dépense kilométrique de matières de graissage était de 2 centimes par km.; le prix de l'huile représente 35 % de cette dépense, le prix du suif 43 %, et celui du déchet, 22 %. Ces chiffres sont extraits du Rapport aux actionnaires ; la consommation du suif paraît bien considérable. D'autres Compagnies n'usent pas du tout de suif et font usage d'huiles spéciales pour le graissage des cylindres.

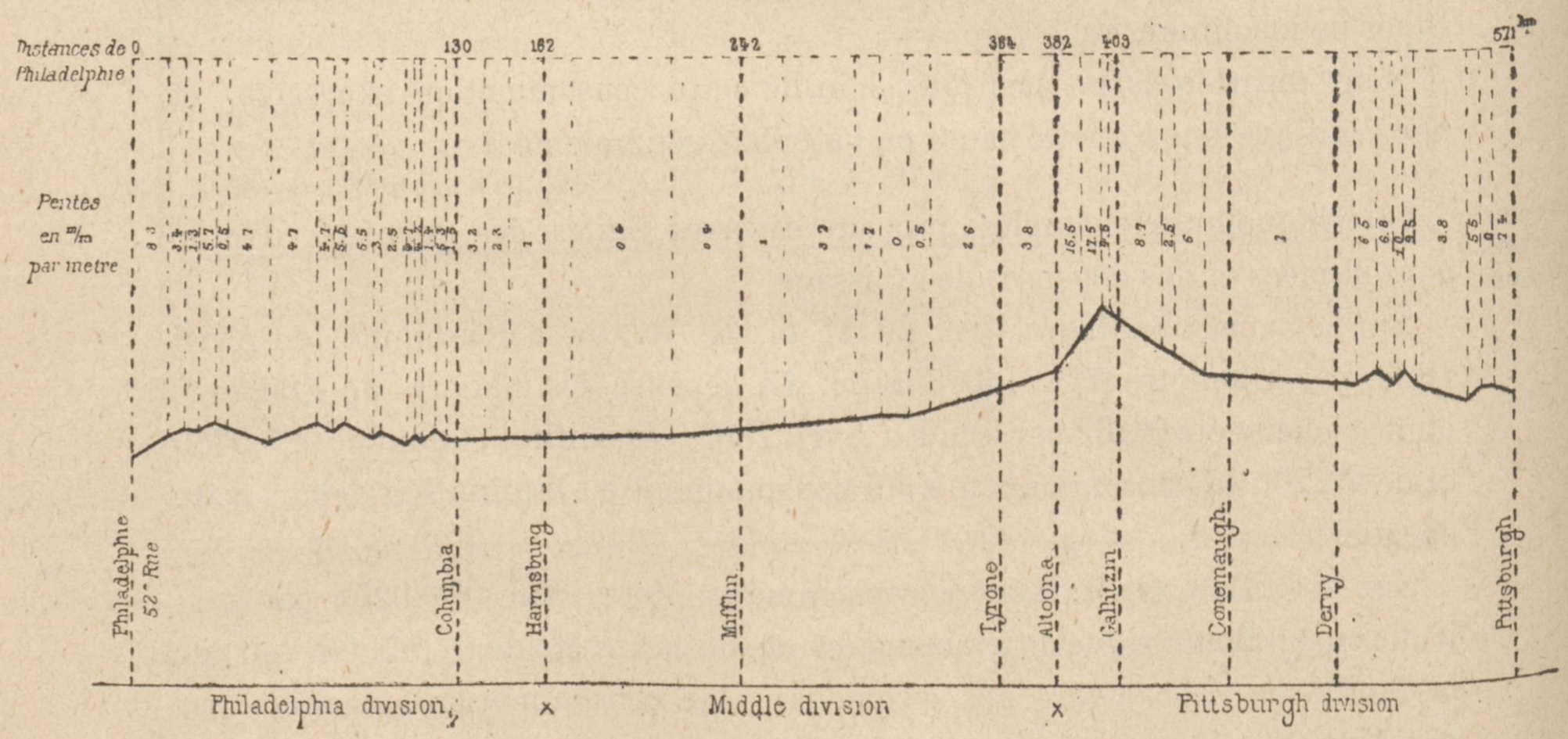
CHARGE DES TRAINS.

Il est presque toujours difficile d'avoir des renseignements très précis sur les charges réelles que peuvent remorquer les principaux types de locomotives, à des vitesses données et sur des profils donnés. Ce qui contribue à rendre incertaines ces charges, c'est que sur les réseaux que nous avons parcourus, on n'exprime pas en tonne les charges. On prend pour unité le wagon chargé, et on compte souvent 5 wagons vides pour trois wagons chargés. Sur le C. B. & Q. R. R. cependant, on compte 3 wagons vides comme 2 chargés.

Le tableau ci-après, p. 327, nous a été communiqué dans les bureaux de la traction du Penn'a R.R., à Altoona ; il donne les charges que peuvent remor-

quer, sur les différentes sections de la ligne de Pittsburgh à Philadelphie, les fortes locomotives à quatre essieux couplés de la classe I, à cylindres de $508^{m}/_{m}$ sur $610^{m}/_{m}$ et roues de $1^{m},270$ (voir plus loin la description de ces machines).

Fig. 88. — Profil en long de la ligne de Pittsburgh à Philadelphie.



Le profil de la ligne, (Fig. 88), donne les rampes des diverses sections, qui atteignent au maximum :

De Philadelphie à Harrisburg	$9,^{mm}3$
D'Harrisburg à Philadelphie	7, 6
D'Harrisburg à Altoona	4,
D'Altoona à Harrisburg	0, 7
D'Altoona à Pittsburgh.....	19,
De Pittsburgh à Altoona.....	9, 5

Quelques uns de ces chiffres dépassent ceux du profil, qui est à petite échelle et ne donne que les rampes moyennes.

(1)	NOMBRE de locomotives de la classe I. (2)	NOMBRE de wagons chargés. (3)	NOMBRE de wagons vides. (4)	NOMBRE de fourgons. (5)	POIDS mort du train (y compris la machine). (6)	POIDS du chargement. (7)	POIDS TOTAL. (8)
					ton. métriq.	ton. métriq.	ton. métriq.
de Philadelphie à Columbia ...	1	30	»	1	388	680	1.068
d° d° ...	1	»	65	1	752	»	752
de Columbia à Harrisburg	1	65	»	1	752	1473	2.225
d° d° ...	1	»	115	1	1.274	»	1.274
d'Harrisburg à Columbia.....	1	70	»	1	805	1585	2.390
de Columbia à Philadelphie...	1	35	»	1	434	793	1.227
d'Harrisburg à Tyrone.....	1	»	100	1	1.115	»	1.115
d'Harrisburg à Altoona.....	1	»	75	1	856	»	856
d'Altoona à Mifflin.....	1	65	»	1	752	1473	2.225
de Mifflin à Harrisburg.....	1	75	»	1	856	1700	2.556
d'Altoona à Gallitzin.....	3	34	»	1	565	770	1.335
de Gallitzin à Derry.....	1	34	»	1	429	770	1.199
de Derry à Pittsburgh	2	34	»	1	496	770	1.266
de Pittsburgh à Derry.....	2	34	»	1	496	770	1.266
de Derry à Conemaugh.....	1	34	»	1	429	770	1.199
de Conemaugh à Gallitzin....	2	34	»	1	496	770	1.266
de Gallitzin à Altoona.....	1	34	»	1	429	770	1.199

A l'égard des colonnes 2, 3, 4, 5, donnant le nombre des wagons des trains, nous avons seulement à faire remarquer qu'un train de 115 wagons vides, ayant 1.250 mètres de longueur serait peu maniable, et ne doit pas être fréquemment formé ; on a sans doute obtenu ce chiffre, qui semble plutôt théorique que pratique, par le calcul du poids que peut remorquer, sur une section sans rampes, une puissante locomotive. Mais la plupart des autres chiffres de ces colonnes nous paraissent conformes à la pratique, notamment ceux des trains de 34 wagons entre Altoona et Pittsburgh, conduits par une, deux et trois locomotives (la 3me en queue), suivant le profil. Nous avons d'ailleurs remarqué la grande longueur de presque tous les trains de marchandises que nous avons croisés sur cette ligne.

Mais les colonnes 6, 7 et 8 sont plutôt théoriques et n'indiquent pas de poids réellement remorqués. Voici, en effet, comment elles sont calculées : pour la colonne 6, on a pris le poids de la machine et de son tender (68.000^{kg}), le poids du fourgon (6.800^{kg}) puis on a supposé le poids mort de chacun des wagons égal à 10.420^{kg}. Pour le chargement, colonne 7, on a supposé que chaque wagon contenait 22.650^{kg}, c'est-à-dire le maximum de chargement des wagons des derniers types. Or, en pratique, les trains contiennent des

wagons moins lourds, à limite de chargement plus basse, et surtout, les chargements de tous les wagons sont rarement complets.

Nous avons relevé, au hasard, sur un train, dans la gare d'Altoona, les tares et limites de chargement de quelques wagons, et nous avons trouvé les chiffres suivants :

NATURE DES WAGONS.	TARE.	LIMITE de chargement.
Wagon couvert.....	12.800 kg.	22.550 kg.
d°	11.100 »	18.150 »
d°	9.500 »	18.150 »
d°	8.800 «	13.600 »
Wagon à houille.....	8.150 »	18.150 »
d°	7.950 »	18 150 »
d°	8.250 »	18.150 »
d°	9.000 »	22.650 »

La Compagnie publie d'ailleurs chaque année la composition moyenne de ses trains et la charge moyenne des wagons. Or, le nombre moyen des wagons des trains de marchandises sur le Penn'a R.R. division, que comprend principalement la ligne de Pittsburgh à Philadelphie a été de 26,20 par train.

La charge moyenne de ces wagons a été en 1884 et 1885 :

	1885	1884
Philadelphie à Harrisburg.....	14T.,3	14T.,2
Harrisburg à Altoona	14, 4	14, 6
Altoona à Pittsburgh	12, 2	12, 3

(en tonnes probablement de 2.000liv ou 906kg). Cette charge est donc bien loin du maximun de 25 tonnes ou 22.650kg que suppose le tableau donné un peu plus haut.

Sur le Michigan Central R.R. on admet que la charge d'un wagon est en moyenne de 11 tonnes métriques. Le tableau suivant donne le nombre moyen de wagons des trains de marchandises par mois depuis 1883 jusqu'en avril 1886 pour la Canada Southern Division (section sans rampes).

	1883	1884	1885	1886
Janvier	30	24	28	27
Février	30	29	25	27
Mars	29	33	18	30
Avril	24	30	34	31
Mai	27	36	31	»
Juin	26	40	32	»
Juillet	26	40	31	»
Août	23	25	30	»
Septembre	24	31	33	»
Octobre	25	27	34	»
Novembre	24	28	32	»
Décembre	22	31	31	»

Nous avons cité quelques autres compositions moyennes des trains, en parlant de la consommation de combustible. Nous ne multiplierons pas ces exemples.

Nous ne pouvons quitter ce sujet sans résumer en quelques lignes notre impression sur ce que nous avons vu de l'organisation de service de la traction aux Etats-Unis. Nous avons été frappés du soin que les Compagnies américaines prennent de supprimer de leur effectif les locomotives de types anciens, en les remplaçant par des machines des types répondant aux besoins actuels du service. Ce remplacement entraîne nécessairement une assez forte augmentation des dépenses portées au compte de réparation au moment où il se fait, mais les avantages d'un matériel bien approprié aux conditions de l'exploitation sont suffisants pour compenser cet accroissement momentané de dépenses (1).

---

(1) La question du renouvellement des locomotives a fait l'objet d'une théorie assez originale de la part d'un ingénieur anglais, M. Price Williams, exposée en 1871, à la Société des Ingénieurs civils de Londres. D'après M. P. Williams une locomotive serait complètement hors d'usage au bout de 30 ans environ de service ordinaire, soit environ 1 million de kilomètres de parcours, toutes ses parties étant entièrement usées et plusieurs d'entre elles ayant été remplacées une ou deux fois.

Nous pensons que l'auteur de cette théorie s'est laissé entraîner trop loin par une idée ingénieuse, et qu'il a laissé de côté la principale raison de la démolition des anciennes locomotives : on remplace les locomotives, comme presque toutes les machines de l'industrie du reste, parce qu'elles sont trop faibles ou de types anciens, condamnés aujourd'hui. C'est en effet, au bout d'une trentaine d'années que certains types anciens de locomotives se sont trouvés entièrement démodes et ont dû disparaître, et naturellement on a choisi, pour démolir une locomotive, le moment où beaucoup de ses pièces étaient en mauvais état. Mais jamais toutes les pièces d'une locomotive, y compris celles qui ont été déjà remplacées une ou deux fois, ne peuvent arriver ensemble à la limite d'usure comme le suppose M. P. Williams; il y a d'ailleurs bien des parties qu'on peut dire inusables ; et il est incontestable qu'il serait, dans tous les cas, moins coûteux de réparer une locomotive, quelque usée qu'elle soit, que d'en construire une neuve exactement semblable. On pourrait dire qu'une telle réparation est une réfection pour laquelle on utilise une partie des pièces de l'ancienne machine. Si on aime mieux, au contraire, construire une machine entièrement neuve, c'est uniquement parce qu'elle n'est pas pareille à l'ancienne.

Quant aux systèmes de traction avec deux équipes par locomotive, ou avec équipes banales, il nous a paru que, même dans les Compagnies où on appliquait le plus largement ce système, l'application en était nécessairement limitée à certains cas spéciaux. Il est sans doute fort intéressant de voir fonctionner ces systèmes, qui avaient jusqu'alors trouvé peu de faveur chez nous ; telle circonstance peut un jour se présenter où il y aurait intérêt à en faire quelque application, par exemple si l'effectif du matériel moteur se trouve insuffisant ; mais on peut dire qu'il n'y a pas là de système général de traction destiné à se substituer partout au système ordinaire d'une équipe par locomotive.

COMPARAISON DES LOCOMOTIVES AMÉRICAINES ET EUROPÉENNES

On a souvent cherché à comparer les locomotives américaines et européennes. La discussion des mérites et des défauts des deux types passionne en ce moment certains constructeurs anglais, qui ne voient pas sans mécontentement l'Australie commander des locomotives aux États-Unis.

Un premier point, sur lequel on ne peut guère avoir de doute, c'est que, à dimensions égales, les locomotives du type américain coûteront moins cher à construire : la chaudière est plus légère, il n'y entre pas de cuivre, enfin, pour beaucoup de pièces, on emploie la fonte, d'excellente qualité aux États-Unis, au lieu du fer. Cette différence se retrouvera-t-elle dans les dépenses d'entretien et de réparation ? Pour le mécanisme, les bandages et essieux, les boîtes, les ressorts, ces dépenses doivent être à peu près les mêmes, car les pièces sujettes à usure sont les mêmes, elles sont soumises aux mêmes efforts et ont à peu près les mêmes dimensions. Les châssis sont, en Amérique, formés de barres soudées ; on reproche souvent à ce système le manque de rigidité dans le plan vertical, manque de rigidité auquel on remédie en entretoisant le châssis avec la chaudière : ce système a, d'ailleurs, le grave inconvénient (sauf, bien entendu, dans les cas spéciaux où le foyer n'est pas compris entre les longerons) de réduire de 10 à 12^{cm} la largeur du foyer, déjà trop faible dans nos locomotives. — Quant aux dépenses d'entretien des chaudières, nous manquons d'éléments suffisants pour bien les apprécier ; il nous paraît cependant probable que les locomotives américaines ne sont pas à l'abri des corrosions, qui doivent mettre hors de service leurs tôles si minces, plus rapidement que nos tôles épaisses et nos foyers de cuivre.

A considérer seulement la puissance des machines, on trouve, en Europe et en Amérique, des types absolument identiques, ayant des appareils moteurs et des générateurs de vapeur de mêmes dimensions.

Mais les locomotives, aux États-Unis, se distinguent surtout des nôtres

par leur énorme consommation de combustible , ainsi qu'on a pu en juger par les exemples que nous avons donnés. Leur marche si peu économique a, du reste, déjà occupé les ingénieurs américains (sans grands résultats pratiques jusqu'à ce jour, nous semble-t-il). Voici comment s'exprimait à cet égard M. Angus Sinclair à la réunion des Master Mechanics (chefs de traction), tenue à Long-Branch en 1884 :

« La comparaison des locomotives américaines et européennes de mêmes dimensions et faisant le même travail, au point de vue de la consommation , n'est pas favorable aux premières. Ainsi, au mois de Mars 1884, la consommation moyenne des locomotives remorquant, entre Jersey City et Philadelphie, le Chicago limited express , s'est élevée à $17^{kg},85$ par kilom. et ce chiffre représente bien, à peu d'exceptions près, la pratique américaine.

« Une locomotive Mogul (à 3 essieux couplés), à cylindres de 457 $^{m}/_{m}$ sur 610 $^{m}/_{m}$, remorquant 25 wagons chargés, continue M. Sinclair, sera considérée chez nous comme suffisamment économique si elle ne brûle que 34^{kg} par kilom., tandis qu'en Angleterre, sur le Great Northern Ry, une machine analogue, à cylindres de 457 $^{m}/_{m}$ sur 660 $^{m}/_{m}$, remorque un train de marchandises sur lignes de même profil, en brûlant 14^{kg}.

M. Sinclair cherche ensuite quelles peuvent être les causes de cette excessive consommation. Il en donne deux principales :

1° La négligence des mécaniciens et chauffeurs ; à ce point de vue leurs chefs ne les poussent pas , d'ailleurs , à l'économie ; 2° la trop faible section des tuyères d'échappement et leur position excentrée par rapport à l'axe de la cheminée. L'habitude américaine est , en effet , de diviser par une cloison la colonne d'échappement, de manière à séparer complètement les conduits venant des deux cylindres. Il en résulte que chacun de ces conduits est fort étroit et qu'ils ne débouchent pas dans l'axe de la cheminée. Ainsi, toujours d'après le même auteur, la section de l'échappement d'une locomotive à cylindres de 432 $^{m}/_{m}$ sur 610 $^{m}/_{m}$ est égale à la surface d'un cercle de 76 mm. de diamètre, tandis que sur les petites locomotives de l'Elevated R., de New-York, à cylindres de 280 $^{m}/_{m}$ sur 408 $^{m}/_{m}$, on a donné avec avantage, à la tuyère unique d'échappement, ce même diamètre de 76.

Nous pensons , avec M. Sinclair, que la consommation excessive des locomotives américaines tient surtout aux deux causes principales qu'il indique. Les dispositions spéciales qu'on a été conduit à prendre pour éviter la projection de flammèches par la cheminée, chicanes sur le passage du gaz, agrandissement de la boîte à fumée, doivent obliger à donner une grande force à

l'échappement et contribuent par là à augmenter la consommation. Nous devons, toutefois, ajouter que les locomotives aux Etats-Unis nous ont paru travailler souvent près de la limite extrême de leur puissance ; or, on sait qu'en forçant outre mesure le travail d'une machine, on en diminue le rendement : d'une part, quand la quantité de combustible brûlée (ou plutôt chargée), par mètre carré de grille et par heure, dépasse une certaine limite, chaque kilogramme de houille vaporise une moindre quantité d'eau dans la chaudière, et, d'autre part, on utilise moins bien la vapeur dans les cylindres, parce qu'on la détend moins.

Il ne faut, d'ailleurs, pas exagérer l'effet de cette cause, car non seulement les machines à marchandises, mais encore les machines à voyageurs brûlent beaucoup : or, on ne peut pas toujours donner à ces dernières comme aux premières des charges aussi fortes que possible : les statistiques des Compagnies nous montrent, du reste, qu'en général la moyenne de la charge des trains de voyageurs se tient près de 5 voitures. On ne peut donc supposer que les machines à voyageurs sont surmenées.

En divisant la colonne d'échappement, on a voulu éviter complètement la réaction de la vapeur qui sort d'un cylindre contre le piston de l'autre : il est curieux que la crainte d'un inconvénient secondaire ait conduit à une disposition qui contribue à produire un effet si fâcheux.

A la réunion précédente des *Master Mechanics*, tenue en 1883, à Chicago, M. F.-W. Dean avait porté un jugement plus sévère encore sur la locomotive américaine et s'était exprimé comme il suit :

« La locomotive américaine donne un remarquable exemple de gaspillage, aussi bien dans l'emploi du combustible que dans l'emploi de la vapeur produite. »

M. Dean ajoute qu'on brûle souvent plus de 500$^{kg.}$ de houille par mètre carré et par heure sur les grilles des locomotives américaines, ce qui est excessif.

Rappelons, en terminant, que la disposition la plus heureuse des locomotives américaines, savoir l'addition du bogie à l'avant des machines à deux essieux couplés, est aujourd'hui de plus en plus imitée en Europe. Les préventions qu'on avait autrefois contre les trucks mobiles pour les locomotives à grande vitesse ont disparu : on a reconnu, au contraire, que ces trucks permettaient aux locomotives de franchir, avec moins de chocs et plus de sécurité, les petites inégalités que peuvent présenter les voies, avantages sensibles même sur les lignes à courbes de grand rayon, qui elles-mêmes présentent en certains

points des courbes raides, dans les changements de voie, dans les dépôts, dans certains raccordements.

Quant au truck à 1 ou 2 essieux à l'avant des locomotives à 3 ou 4 essieux couplés, il est souvent utile (surtout dans les machines à 3 essieux couplés), pour éviter un excès de charge sur certains essieux et trop de porte-faux à l'avant. On trouve aujourd'hui assez souvent cette disposition dans les locomotives à 3 essieux couplés construites en Europe.

(*A continuer.*)

EXPÉRIENCES DE TRACTION

FAITES EN SERVICE COURANT

SUR LA LOCOMOTIVE COMPOUND A QUATRE CYLINDRES N° 701

DU CHEMIN DE FER DU NORD, (*suite*) (1)

Par M. A. PULIN,

INSPECTEUR PRINCIPAL DE L'ATELIER CENTRAL.

II. — Discussion des résultats d'expériences.

Nous nous sommes borné, dans la première partie de ce compte-rendu, à faire connaître l'ensemble des résultats obtenus d'après l'analyse des diagrammes sur laquelle toutes nos recherches ont été basées. En raison de l'intérêt particulier que présente l'étude de la distribution d'une locomotive compound, et en même temps pour tirer parti, autant que possible, des expériences de traction qui l'ont accompagnée, nous devons maintenant chercher à faire ressortir les observations auxquelles peuvent donner lieu les faits enregistrés, ainsi que les conditions générales d'établissement de la machine.

Ces observations pourront, dans certains cas, se généraliser et s'appliquer, soit à d'autres locomotives compound, soit à des machines ordinaires, mais il est entendu que dans ce qui va suivre, — comme dans ce qui précède,— c'est avant tout de la locomotive 701 qu'il s'agit.

1° UTILISATION DE LA VAPEUR.

COMPARAISON DES DIAGRAMMES PRIS AU DÉMARRAGE ET EN VITESSE, AU MÊME CRAN DE MARCHE.

Nous avons signalé la chute de pression, pendant l'admission aux petits cylindres comme étant assez notable, principalement pour les faibles introductions, ce qui paraît tenir surtout, non à l'insuffisance des lumières, puisqu'elles ne sont jamais démasquées entièrement, mais à l'insuffisance d'ouverture maxima ; l'influence de la vitesse a pu être examinée, sous le rapport d'une grande variation de sa valeur, en comparant les diagrammes relevés en

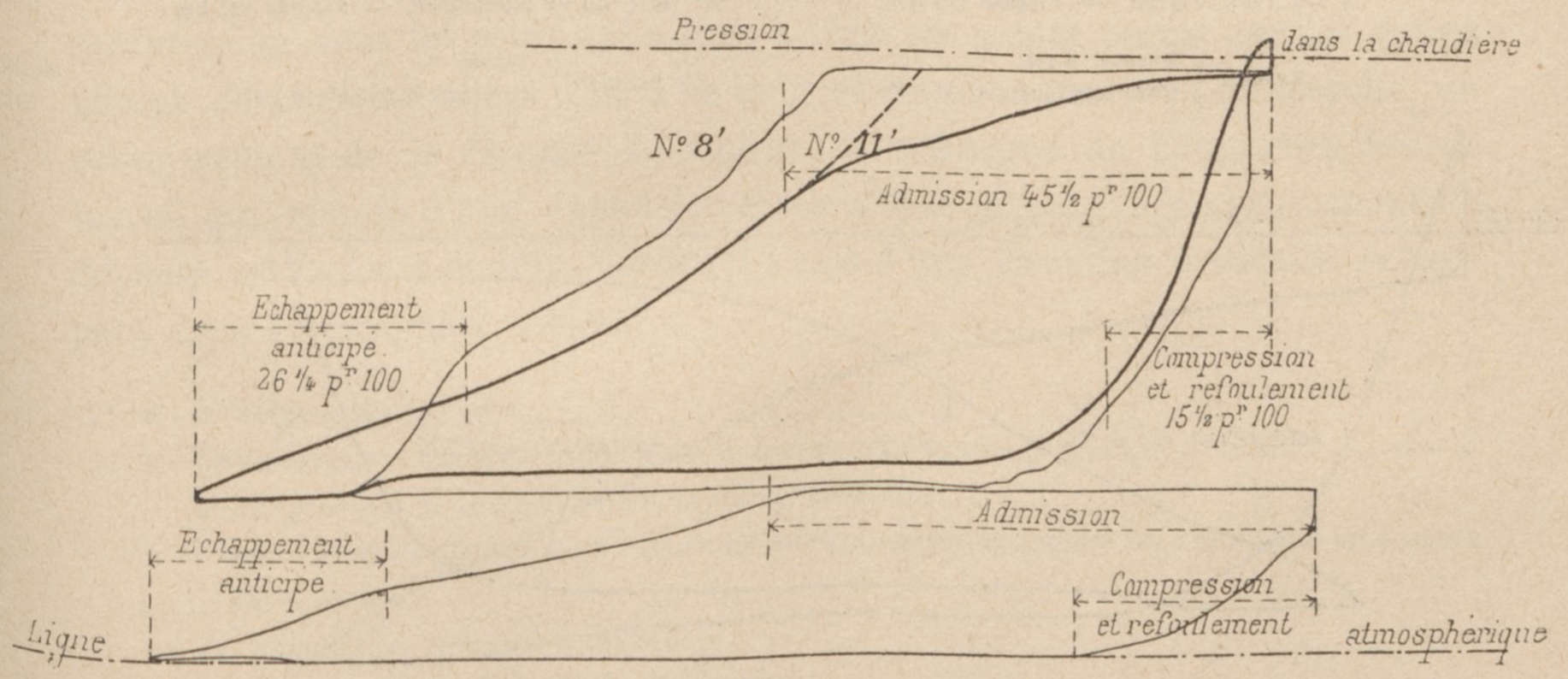
(1) La première partie est insérée dans le N° de Mai 1887, p. 263, Pl. XV à XVII.

marche avec ceux qui ont été pris aux mêmes admissions, à vitesse presque nulle, dans le but de délimiter graphiquement les phases de la distribution, à l'aide du relevé fait préalablement sur la machine froide sortant de l'atelier après réparation. Ces derniers diagrammes ont été pris aux démarrages. Le changement de marche des petits cylindres était ramené, après quelques tours de roues, au cran qu'il s'agissait d'observer, et la vitesse étant très faible, on a pu rendre libre le ressort de l'indicateur, sans avoir à craindre le lancer du piston, ce qui a permis de tracer le diagramme donné par un seul tour de roues.

Nous reproduisons ci-dessous, sur la même Figure 89, le double diagramme N° 8′ relevé le 23 Novembre au démarrage de Clermont, sur les faces arrière des pistons, et le N° 11′ du même jour, pris également à l'arrière du petit cylindre et au même cran, mais à la vitesse de 89 km. à l'heure.

Fig. 89.

N° 8′ Démarrage.	Haute pression Cran 4. Basse pression Cran 5.	Pression effective dans la chaudière 10 kg. 1/2.
N° 11′	Haute pression Cran 4. Vitesse 89 kil. à l'heure.	



On remarque d'abord que les diagrammes de démarrage indiquent nettement les phases de la distribution, et sont d'accord avec le relevé d'après lequel ont été marqués les traits qui limitent ces phases. On voit que la chute de pression due au laminage de la vapeur se manifeste au moment de la fermeture de la lumière, bien que la vitesse soit très faible ; de même qu'à l'échappement la chute de pression plus rapide qu'en pleine marche n'a cependant pas lieu brusquement ; enfin, ce qui est important à noter, la compression se produit toujours par anticipation, et au moment de la ferme-

ture complète de la lumière à l'échappement, elle est peu inférieure à celle que l'on constate à grande vitesse, à ce même point de la course.

En second lieu, le diagramme N° 11′ indique la chute pendant l'admission, due à la vitesse, les conditions d'avance et d'ouverture maxima étant les mêmes : il montre aussi que le bénéfice résultant, en vitesse, d'un abaissement moins rapide de la pression pendant l'échappement anticipé, est faible relativement à la perte de travail (1) provenant de cette chute pendant l'admission, perte qu'on ne peut songer à éviter entièrement avec des tiroirs simples, et qui, dans l'exemple précédent, ne paraît pas exagérée.

INFLUENCE DE L'AVANCE A L'ADMISSION ET DE L'OUVERTURE DE LUMIÈRE.

Parmi les nombreux diagrammes relevés sur une même face du piston du petit cylindre, on n'en rencontre pas qui aient été pris à des vitesses très différentes et au même degré d'admission, mais ceux qui sont reproduits ci-après, (Fig. 90), paraissent montrer qu'une avance et une ouverture maxima suffisantes sont un correctif efficace de l'influence de la vitesse sur la décroissance des pressions pendant l'introduction ; ils ont été relevés l'un sur la face

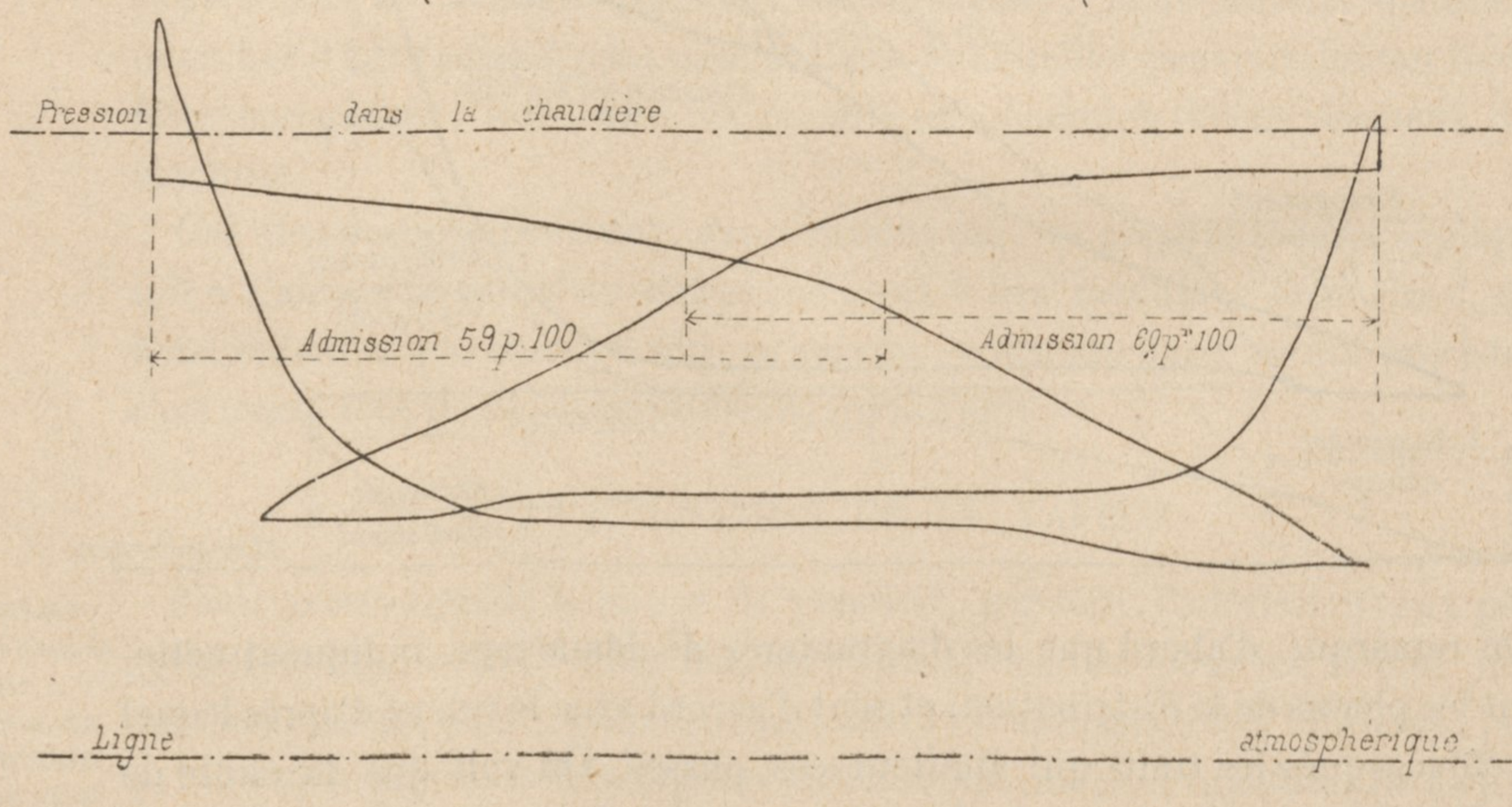
Fig. 90. — Diagrammes à haute pression. Cran 5 1/2.

N° 12, du 17 Juin. — *Vitesse 59 km.*

Avant.. { Avance 4 1/4. Ouverture maxima 11 m/m.

N° 18′, du 23 Novembre. — *Vitesse 82 km.*

Arrière. { Avance 7 Ouverture maxima 16 1/4.



(1) La perte ou réduction du travail réalisable par coup de piston est envisagée ici, bien entendu, abstraction faite des poids de vapeur dépensée. Si on suppose la courbe de détente prolongée à sa partie supérieure, comme l'indique le trait ponctué (Fig. 89), on reconnaît que cette chute de pression équivaut à une admission moindre à pleine pression, représentant à peu près le même poids de vapeur, et qu'au point de vue de la dépense, le travail additionnel recueilli pendant l'échappement anticipé ne diffère pas beaucoup du déficit résultant de l'abaissement de la pression initiale.

avant, l'autre sur la face arrière du petit piston, aux vitesses de 59 et de 82 km. à l'heure, avec des admissions égales, la pression dans la chaudière étant de 11 kgs. dans les deux cas, et celle que les diagrammes indiquent à l'origine de l'admission étant également la même ; or, la pression s'est mieux maintenue dans le second cas, et malgré un abaissement plus rapide au moment de la fermeture de la lumière, c'est pour la plus grande vitesse que la pression finale d'admission a conservé la plus grande valeur ; cela résulte des conditions de l'introduction, meilleures à l'arrière qu'à l'avant (1).

Nous donnons cet exemple d'une différence accentuée entre les chutes de pression à l'avant et à l'arrière, sans toutefois lui attribuer un caractère de généralité que ne comporte pas l'ensemble des diagrammes relevés sur la locomotive 701 ; la différence existe, mais souvent à un degré moindre. Le diagramme d'arrière montre une compression finale très inférieure à celle de l'avant, et cela bien que la pression d'échappement normal soit plus élevée dans le premier cas ; c'est la conséquence des modifications apportées à la distribution entre les deux dates, et c'est un exemple frappant de l'amélioration qu'elles ont procurée.

CONSÉQUENCES DE L'AUGMENTATION DES ESPACES NUISIBLES.

La modification consistant à employer des pistons évidés pour réduire la compression dans les petits cylindres, a réagi en même temps sur les autres phases de la distribution. Elle a eu pour effet, au même cran de marche, un accroissement de la dépense de vapeur, accompagné de l'augmentation de travail qui résulte d'une expansion réelle moins grande. L'accroissement de dépense est facile à établir, lorsqu'il s'agit d'une machine ordinaire échappant dans l'atmosphère. Soient :

v le volume du cylindre.
a l'admission exprimée en fraction de la course représentée par 1.
c la compression et le refoulement exprimés ensemble.
z l'espace nuisible ramené à un volume cylindrique exprimé comme les précédents en fraction de la course.
u l'augmentation apportée à cet espace.
p la pression absolue à la fin de l'admission.
p_1 la pression à la fin de l'échappement.

Si, pour simplifier le calcul, on suppose que pendant la compression il n'y a ni condensation ni vaporisation (ce que nous avons reconnu être parfois

(1) Bien que ces conditions soient très différentes, les chemins parcourus par le piston dans la course directe et la course rétrograde pendant l'admission, sont les mêmes pour les crans de marche les plus usités, le réglage de la distribution ayant été fait d'après cette donnée.

exact pour les petits cylindres), et si on substitue les pressions aux densités, on a pour les poids apparents de vapeur dépensée par coup de piston :

$$[p\ (a + z) - p_1\ (c + z)\ ]\ v \quad \text{avec l'espace nuisible } z.$$

$$[p\ (a + z + u) - p_1\ (c + z + u]\ v_1 \quad \text{avec l'espace nuisible } z + u.$$

En retranchant la première expression de la seconde, on trouve un accroissement de dépense $(p\text{-}p_1)\ u\ v$ tenant à ce que ce volume $u\ v$ de vapeur conservé dans le cylindre pour la compression, est passé de la pression p à la pression p_1, plus petite, sans avoir travaillé pendant l'admission. L'accroissement de travail, dû à une expansion réelle moins grande, ne peut compenser cet excès de dépense, puisque la détente de la vapeur se trouve moins bien utilisée, et finalement, il y a perte.

Dans une locomotive compound, la question est plus complexe. La vapeur qui a travaillé à haute pression étant moins détendue, un autre accroissement du travail total se rencontre dans le cylindre à basse pression, et la perte peut se trouver sinon annulée, du moins très réduite ; mais outre que l'expansion totale maxima est amoindrie, l'inconvénient qui résulte d'une plus grande surface offerte à la condensation de la vapeur admise à haute pression subsiste, et de plus, pour un même travail à effectuer, on est conduit à diminuer l'introduction, c'est-à-dire à marcher dans les conditions moins bonnes d'une avance et d'une ouverture de lumières plus faibles. Nous avons constaté en effet, dès la mise en service de la machine avec les nouveaux pistons, que le mécanicien, toutes choses égales, a ramené la marche des petits cylindres vers le cran zéro.

Si donc l'augmentation des espaces nuisibles a été efficace pour remédier à un défaut important, et a pû améliorer d'une manière sensible la distribution de la machine qui nous occupe, on ne saurait cependant, *à priori*, la considérer comme un moyen rationnel de limiter la compression.

CHUTES DE PRESSION ET CONDENSATIONS.

Parmi les causes auxquelles peut être attribuée la chute de pression pendant l'admission aux petits cylindres, la condensation ne semble pas avoir une grande importance. L'usage d'une pression élevée dans la chaudière, et une consommation de vapeur modérée relativement à la production, sont toutes deux défavorables à l'entraînement de l'eau qui, l'orsqu'elle existe en quantité notable dans les cylindres, est considérée comme ajoutant son influence à celle des parois pour provoquer la condensation ; de plus, la différence des températures extrêmes de la vapeur au commencement et à la fin de l'admission est moindre que dans une locomotive simple, et la position des

cylindres à l'intérieur du châssis les protège contre le refroidissemeut ; enfin la compression, toujours grande, relève la température avant le début d'une nouvelle admission. Nous n'avons cependant comme résultat de nos expériences, aucune donnée sur l'importance de l'entraînement d'eau et de la condensation à l'admission.

L'échappement des petits cylindres donne toujours lieu à une chute de pression, mesurée par la différence entre la pression à la fin de la détente, et celle qui existe dans le réservoir intermédiaire. Remarquons d'abord que le manomètre placé à portée du mécanicien pour indiquer la pression de la boîte à vapeur du grand cylindre, a toujours été en retard de $\frac{1}{4}$ de kg. sur le manomètre étalon qui, à chaque expérience, était mis à l'avant de la machine en communication directe avec le réservoir de vapeur contenu dans la boîte à fumée ; les deux manomètres, vérifiés préalablement, étaient d'accord, et d'autre part, la différence en question ne tenait pas à l'éloignement du manomètre de l'arrière, mais bien à une chute de pression réelle d'un point à l'autre du réservoir ; elle est provoquée par une circulation plus active de la vapeur dans le tuyau qui va d'un cylindre à l'autre, et surtout par la condensation inévitable dans cette portion du réservoir, alors qu'il ne doit pas s'en produire dans le tuyau réchauffeur.

La pression au réservoir intermédiaire est en outre essentiellement variable et change parfois brusquement de $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{2}$ kg. pour une même pression dans la chaudière, et un même régime de la distribution. On peut mentionner comme causes de cette variabilité l'absence de relation entre les échappements et les admissions des deux groupes de cylindres, par suite de l'indépendance des essieux moteurs, et les condensations ou revaporisations qui paraissent être très variables. En outre le volume du réservoir, qui est de 163 litres, c'est-à-dire 1 fois $\frac{1}{2}$ environ celui des deux cylindres à haute pression réunis, semble être un peu faible.

S'il n'y avait aucune condensation, ni au réservoir, ni aux grands cylindres pendant l'introduction, la chute de pression à l'échappement des cylindres à haute pression pourrait être faible, (l'étranglement au passage des lumières s'oppose à ce qu'elle soit nulle), mais la condensation existe toujours, et de plus l'échappement des petits cylindres donne lieu à une revaporisation inconnue.

PERTE AU RESERVOIR INTERMÉDIAIRE.

Sans prétendre déterminer la valeur de l'une et de l'autre, on peut les mettre en évidence par la comparaison des poids de vapeur dépensée en apparence par les deux moteurs, lorsque le régime de marche résultant des

valeurs respectives des introductions est établi. Nous avons donc dressé le *Tableau* H ci-dessous, dont les éléments sont tirés des deux précédents E, F, (1) relatifs à la détente et à la compression. Dans ce calcul, la dépense apparente du petit cylindre, c'est-à-dire la quantité de vapeur envoyée au réservoir par coup de piston, a été prise égale à la différence entre les poids de la vapeur présente à la fin de la détente et au commencement de la compression, tandis que pour avoir la dépense apparente du grand cylindre, il a fallu déduire le poids de la vapeur présente à la fin de la compression, du poids de celle qui était présente à la fin de l'admission :

TABLEAU H.

Comparaison entre les dépenses apparentes de vapeur des cylindres à haute et à basse pression.

Numéros d'ordre des diagram^es.	ADMISSIONS EN CENTIÈMES de la course.		POIDS DE VAPEUR dépensée par coup de piston.		Différences des poids.	Perte rapportée au poids de vapeur dépensée au cyl. HP.	Rapport du poids de vapeur dépensée au cyl. BP au poids dépensé au cyl. HP.
	Cylindre à haute pression.	Cylindre à basse pression.	Cylindre à haute pression.	Cylindre à basse pression.			
			gr.	gr.	gr.		
3′	57	52	117	101	— 16	13,7 %	0,86
7′	57	52	123	122	— 1	0,8 %	0.99
9′	59	54	132	118	— 14	10,6 %	0,89
11	45,5	54	88	73	— 15	17 %	0,83
12′	45,5	57	91	85	— 6	6,6 %	0,93
14′	45,5	57	92	82	— 10	10,9 %	0,89
15′	41,5	59	85	71	— 14	16,5 %	0,83
17′	60	54	122	108	— 14	11,5 %	0,89
18′	60	54	126	116	— 10	8 %	0,92
19′	64	54	139	127	— 12	8,6 %	0.91
20′	64	54	135	124	— 11	8,1 %	0,92
21′	44	55	83	71	— 12	14,4 %	0,85

La perte au réservoir qui ressort du *Tableau* H, représente la différence du poids d'eau revaporisée pendant l'échappement du petit cylindre, et du poids de vapeur condensée au passage d'un cylindre à l'autre augmenté du poids de celle qui est condensée à l'admission au grand. La seconde quantité, comme on

(1) N° de Mai, pages 275 et 281.

le voit, l'emporte toujours notablement sur la première ; le diagramme N° 7′ fait seul exception, et indique une différence minime.

La condensation à l'admission aux grands cylindres est inconnue, mais il est certain qu'une fraction importante de la perte provient de la condensation au réservoir intermédiaire, bien qu'il soit en grande partie contenu dans la boîte à fumée ; la vapeur d'échappement des petits cylindres pouvant se rendre directement aux grands, il est visible que la circulation dans ce tuyau de la boîte à fumée doit être fort peu active, et le réchauffage insuffisant pour compenser la condensation qui se produit inévitablement dans les autres tuyaux, et d'autant mieux que pendant les expériences, celui du côté droit a dû être privé de son enveloppe, pour livrer passage au levier de commande de l'indicateur.

D'après le *Tableau* H, et en négligeant le diagramme N° 7′, la perte au réservoir intermédiaire serait de 11 % en moyenne du poids initial apparent de vapeur dépensée ; c'est pourquoi il existe, dans les grands cylindres, même en pleine marche, une forte proportion d'eau ; elle serait toutefois plus importante encore, si l'échappement des cylindres à haute pression ne donnait lieu à une revaporisation de l'eau qui, malgré les conditions favorables dans lesquelles ils se trouvent, a été entraînée par la vapeur sortant de la chaudière, ou condensée soit pendant l'admission, soit pendant la détente. L'utilisation aux grands cylindres, de la vapeur produite pendant l'échappement des petits, constitue l'un des avantages du système compound ; les considérations précédentes montrent qu'il est diminué d'importance sur la locomotive 701, par la condensation au réservoir et à l'admission des cylindres à basse pression.

RÉSUMÉ DES OBSERVATIONS FAITES SUR L'UTILISATION DE LA VAPEUR.

Pour terminer ce chapitre, nous résumerons les observations auxquelles ont donné lieu l'examen des diagrammes et cette importante question de l'utilisation de la vapeur.

1° La pression absolue de la vapeur, à la fin de l'admission aux petits cylindres, est en moyenne de 72 % de la pression absolue dans la chaudière (rapport $\frac{p}{H}$ du tableau D) (1) et la pression finale d'admission aux grands cylindres est de 75 à 80 % de la pression au réservoir. Une plus grande ouverture de lumière diminuerait probablement un peu la chute de pression pendant l'admission aux petits cylindres, et serait avantageuse surtout aux grandes vitesses.

---

(1) N° de Mai, page 273.

2° La section des lumières extrêmes des cylindres à haute pression est dans le rapport 1 : 11,4 avec la surface des pistons ; ces lumières paraissent être trop petites pour l'échappement. Cependant, en augmentant leur section on ne pourrait encore songer à éviter entièrement la compression anticipée qui se manifeste avant leur fermeture complète, même à vitesse presque nulle. La difficulté de passage de la vapeur dense par un orifice restreint paraît en être la seule cause ; on peut citer à l'appui de cette assertion, d'abord la compression qui continue à se produire dans les petits cylindres pendant le refoulement, bien que la lumière soit déjà ouverte pour l'admission, et ensuite l'absence de compression anticipée dans les cylindres à basse pression, même à grande vitesse ; cette dernière remarque a d'ailleurs été faite aussi sur les diagrammes d'une locomotive simple à grande vitesse, expérimentée précédemment.

3° La détermination des poids de la vapeur présente aux cylindres, au commencement et à la fin des périodes de détente et de compression, a montré que pour la première, il y avait généralement condensation appréciable dans les petits cylindres et vaporisation dans les grands. Ces calculs fort délicats, s'ils ne permettent pas de considérer toujours comme absolument exacts les chiffres trouvés, indiquent du moins que par suite d'une compensation entre deux phénomènes inverses, la loi de la détente s'écarte peu de celle représentée par la formule $pv =$ constante. Il y a lieu de remarquer que l'évaporation pendant la détente dans les grands cylindres, fait prévoir une prolongation de ce phénomène pendant l'échappement, d'où résulte une perte de chaleur.

Quant à la compression, elle produit des effets assez variables. Dans les petits cylindres, la condensation l'emporte presque toujours sur la surchauffe, et atteint parfois une valeur notable ; dans les grands cylindres, on trouve finalement une condensation importante de 27 % en moyenne, qu'il faut signaler comme nuisible à la bonne utilisation de la vapeur.

4° Le passage d'un cylindre à l'autre donne lieu à un ensemble de phénomènes qui se traduisent par une perte moyenne de 11 % du poids de la vapeur admise au premier.

5° La condensation à l'admission aux grands cylindres, — probablement importante, en raison de l'eau qu'ils renferment, — la revaporisation pendant la détente et l'échappement, et la notable condensation qui a lieu pendant la compression, sont autant de motifs pour lesquels, dans l'hypothèse de l'application d'une enveloppe de vapeur, c'est aux cylindres à basse pression qu'elle eût sans doute été le plus utile, à la condition d'être complète.

2° RELATION ENTRE LES CRANS DE MARCHE DES DISTRIBUTIONS A HAUTE ET A BASSE PRESSION.

En abordant ce chapitre et les suivants, pour lesquels il est utile de se reporter aux considérations théoriques, nous ne pourrions mieux faire que de rappeler les mémoires et communications d'une haute importance, dans lesquels M. A. Mallet, préoccupé de l'application du fonctionnement compound aux locomotives, a mis en évidence, d'une manière très nette, les conditions de leur fonctionnement. (1)

Nous nous contenterons ici de résumer brièvement, les conclusions auxquelles l'éminent promoteur du système a été conduit par l'exposé de cette théorie fondamentale. Elles sont au nombre de quatre :

1° Théoriquement, le travail d'une machine compound (supposée ici à deux cylindres) est le même que si le cylindre détendeur existait seul, la vapeur de la chaudière y étant admise directement et y subissant la détente totale.

2° Le cylindre détendeur devant toujours pouvoir débiter la vapeur qui provient du cylindre admetteur, sans occasionner dans ce dernier une contre-pression nuisible , le volume de vapeur admis au second cylindre ne doit pas être inférieur au volume du premier cylindre. Cette admission minima constitue ce que M. Mallet a appelé le *point critique*.

3° Comme conséquence de la condition précédente, les distributions doivent être indépendantes, au moins d'une manière facultative, toutes les fois que le rapport du volume du grand cylindre au volume du petit est 2 ou inférieur à 2, afin que l'admission au grand cylindre puisse toujours avoir lieu jusque dans la seconde moitié de la course.

4° Lorsque la pression au réservoir intermédiaire est égale à la pression finale dans le cylindre admetteur, ou n'en diffère que très peu, l'expansion totale est égale au produit des expansions partielles dans les deux cylindres, et l'expansion au cylindre détendeur est égale au rapport des volumes des cylindres.

---

(1) Il faut citer notamment :

Mémoires de la Société des Ingénieurs Civils ; année 1873, page 821 et suiv.
D° d° d° année 1877, page 854 et suiv.

POINT CRITIQUE ET EXPANSION MAXIMA.

Il convient d'appliquer à la locomotive 701 la seconde et la quatrième de ces conditions. Soient : (1)

d le diamètre du cylindre admetteur.
d' le diamètre du cylindre détendeur.
l la course commune.
a' l'admission au grand cylindre correspondante au point critique.

On a d'abord : $$a' = \frac{d^2}{d'^2}\, l = 0{,}515\, l$$

Pratiquement, ce chiffre serait modifié par l'intervention des espaces nuisibles, et de la période de compression aux petits cylindres, compression en vertu de laquelle une partie de la vapeur y est retenue avant l'admission. L'expansion théorique au grand cylindre est : $\frac{d'^2}{d^2} = \frac{1}{0{,}515} = 1{,}94.$

En second lieu, si on désigne par z et z' les espaces nuisibles exprimés comme les phases de la distribution, en fractions de la course, on a pour l'expansion théorique totale m due à des admissions a et a' quelconques :

$$m = \frac{1}{a} \times \frac{1}{a'}\,.$$

On ne descend pas au-dessous de 34 % d'admission aux petits cylindres ; l'expansion maxima théorique serait donc :

$$m = \frac{1}{0{,}34} \times \frac{1}{0{,}515} = 5{,}7 \text{ volumes.}$$

En réalité, et pour tenir compte des espaces nuisibles, la formule ci-dessus doit être modifiée comme suit, en désignant par m_1 l'expansion réelle :

$$m_1 = \frac{1+z}{a+z} \times \frac{1+z'}{a'+z'} \qquad (2)$$

or, $$z = 0{,}128 \text{ et } z' = 0{,}07\,,$$

d'où $$m_1 = 4{,}4 \text{ volumes.}$$

Les espaces nuisibles réduisent donc beaucoup l'expansion, mais la locomotive compound présente, sous ce rapport, un grand avantage sur la locomotive

---

(1) Chacun des côtés de la machine fonctionnant comme une locomotive compound à deux cylindres, les notations et le raisonnement peuvent être les mêmes que pour ce dernier cas.

(2) Ce calcul de l'expansion réelle suppose que l'échappement anticipé est la continuation de la détente, ce qui a lieu sensiblement.

ordinaire qui produirait le même travail. Celle-ci, en supposant que le volume proportionnel des espaces nuisibles soit celui usité habituellement, devrait avoir une admission x donnée par la formule :

$$\frac{1 + 0{,}07}{x + 0{,}07} = 4{,}4$$

d'où $x = 17\ \%$ environ.

C'est seulement la moitié de l'admission minima usitée en service aux cylindres admetteurs de la machine compound, c'est-à-dire que la machine ordinaire fonctionnerait dans de très mauvaises conditions.

Nous allons maintenant examiner quelles sont, pour la locomotive 701, les conséquences de l'indépendance facultative des distributions.

Pour un cran de marche donné des petits cylindres, on est libre, suivant le cran adopté pour les grands, et en observant autant que possible le minimum d'admission $a' = 0{,}515\, l$ indiqué ci-dessus, de faire varier dans une large mesure la pression au réservoir intermédiaire . D'autre part, il résulte de l'indépendance des essieux, que chacun des moteur à haute et à basse pression doit séparément satisfaire à la condition d'adhérence que l'on déduit de la formule : $F = K \frac{p\, d^2\, l}{D}$, dans laquelle K est un coefficient représentant l'effet utile de la locomotive considérée comme machine à vapeur ; c'est le rapport du travail disponible sur l'essieu au travail de la vapeur sur les pistons.

Le moyen le plus sûr, sinon le plus praticable, d'éviter le patinage, serait de régler les admissions de manière à répartir le travail total également sur les deux essieux moteurs ; toutefois, avant d'examiner cette combinaison, très rationnelle mais non absolue, nous devons chercher jusqu'à quel point on peut s'en écarter.

CONDITION D'ADHÉRENCE.

Nous avons calculé, d'une manière approximative dans un chapitre ci-après relatif au rendement de la machine, la résistance due à l'ensemble du mécanisme, et nous avons trouvé qu'elle pouvait être équivalente à un effort de 150 kgs., pour une admission très faible aux petits cylindres (celle qui convient pour la machine seule) et un travail presque nul aux grands. En admettant que cette résistance soit doublée en marche normale, à la vitesse de 72 km. à l'heure ou 20 m. par seconde, elle donnerait lieu à un travail de $\frac{300 \times 20}{75} = 80$ chevaux. Comme la machine produit alors, dans les conditions habituelles du service, un travail de 650 chevaux environ sur les pistons, l'effet utile K de l'ensemble du mécanisme serait : $\frac{650 - 80}{650} = 0{,}87$. On recueillerait donc sur

les deux essieux moteurs 87 % du travail de la vapeur sur les pistons, et pour simplifier, nous admettrons que ce rendement s'applique également à l'un ou à l'autre des deux mécanismes que nous allons considérer successivement.

Pour les cylindres à haute pression, le maximum de la pression moyenne effective p correspond à une grande admission avec très une faible pression au réservoir intermédiaire ; ce qui, en dehors des démarrages, ne peut avoir lieu que par suite du patinage des roues d'arrière. En tous cas, la pression p ne peut guère excéder 7 kgs., et la formule ci-dessus $F = K \frac{p\ d^2\ l}{D}$ donnerait alors $F = 1.900$ kgs. Comme la charge de l'essieu sur rails est 13.700 kgs., on trouverait comme fraction de cette charge utilisée au pourtour des jantes pour l'adhérence :

$$f = \frac{1.900}{13.700} = \frac{1}{7,2}.$$

Pour les grands cylindres, la pression au réservoir ne dépassant pas 5,5 kgs. lorsque la machine travaille le plus; on constate, d'après les diagrammes, que dans ce cas la pression moyenne effective est de 3 kgs. d'ou $F' = 1.640$ kgs.; et comme la charge sur railsest de 14.000 kgs pour l'essieu d'arrière, on a comme fraction de cette charge pouvant être utilisée au pourtour des jantes pour l'adhérence :

$$f' = \frac{1.640}{14.000} = \frac{1}{8,5}.$$

En prenant $\frac{1}{7}$ comme efficient d'adhérence, pour un état moyen des rails, on voit, d'après ces valeurs de f et de f', que les essieux peuvent en général recueillir sans patiner, le travail maximum transmis par les pistons, mais que ce coefficient d'adhérence très variable, surtout en hiver , peut très bien descendre assez bas pour que cette perturbation se produise, et alors le patinage d'un essieu entraîne celui de l'autre, soit parce que la pression au réservoir atteint le maximum, soit parce qu'elle devient presque nulle.

HYPOTHÈSE D'UNE ÉGALE RÉPARTITION DU TRAVAIL SUR LES PISTONS.

L'égalité permanente des travaux sur les pistons des petits et des grands cylindres présenterait le double avantage d'écarter cette éventualité, et de profiter entièrement de la réduction des résistances passives, que procure le fonctionnement compound par la division du travail ; mais cette condition d'égalité a l'inconvénient de donner lieu à une contre pression trop élevée dans les petits cylindres lorsque leur admission est faible, et celui non moins sérieux de restreindre, comme on va le voir, la puissance de la machine.

L'admission aux petits cylindres étant donnée, on peut calculer à l'aide des indications fournies par les diagrammes, l'admission aux grands, ou mieux la

pression au réservoir qu'il convient d'adopter pour avoir des travaux égaux sur les pistons. Ce calcul, très laborieux, consiste à exprimer algébriquement l'égalité des travaux effectifs sur le grand et le petit piston pour une course ; il est inutile de le reproduire, et il suffira de mentionner ci-après les résultats qu'il a donnés , et dont l'exactitude a été reconnue sur les diagrammes qui indiquent des travaux égaux. Ces résultats se rapportent à une pression effective de 11 kgs. dans la chaudière.

CYLINDRE A HAUTE PRESSION.		Pression effective au réservoir.
Cran de marche.	Admission moyenne.	
		kgs.
2	24 %	2
3	34 %	2,5
4	43 %	3
5	55 %	3,6
6	62 %	4
7	69 %	4,3

Le travail des pistons à basse pression dépend beaucoup plus de la pression au réservoir que du degré peu variable de l'introduction, c'est pourquoi le calcul, dont la base n'est pas absolue, présente plus d'exactitude lorsqu'il a pour objectif la détermination des pressions.

En pleine marche, on ne dépasse guère le cran 6; or, si la pression au réservoir devait être limitée à 4 kgs., la machine ne pourrait faire le service qui lui est demandé, et lorsqu'elle développe beaucoup de travail, celui des grands cylindres est forcément bien supérieur à celui des petits.

HYPOTHÈSE D'UNE CHUTE DE PRESSION MINIMA.

La relation à établir entre les crans de marche peut être envisagée à un troisième point de vue, celui de la meilleure utilisation de l'expansion. La chute au réservoir, c'est-à-dire la différence entre la pression de la vapeur à la fin de la détente au petit cylindre, et la pression moyenne au réservoir ne peut être nulle en pratique, mais il est possible, par un rapport convenable des admissions, de la rendre modérée et peu variable. Soient :

a l'admission au petit cylindre exprimée en fraction de la course.
d la détente au petit cylindre exprimée de même.
c la compression et le refoulement réunis.
z l'espace nuisible ramené à un volume cylindrique exprimé en fraction de la course.

V, v	les volumes du grand et du petit cylindre.
r	le rapport des volumes des cylindres : $r = \frac{V}{v}$.
H	la pression absolue dans la chaudière en kgs. par cm².
P *et* p	les pressions absolues à la fin de l'admission et de la détente au petit cylindre.
h *et* h'	la pression absolue au réservoir et celle d'échappement du grand cylindre.
p'	l'élévation de pression due à la compression anticipée.
q	la chute de pression au réservoir.
μ	le rapport des dépenses apparentes du grand et du petit cylindre.
P′	la pression absolue à la fin de l'admission au grand cylindre.
a', c', z'	les admission, compression et espace nuisible du grand cylindre.

Les dépenses apparentes de vapeur du petit et du grand cylindre étant désignées par d_1 et d'_1, on a :

$$d_1 = [\,P\,(a+z) - (h+p_1)\,(c+z)\,]\,v$$
$$d'_1 = [\,P'\,(a'+z') - \beta\,h'\,(c'+z')\,]\,V$$

β étant un coefficient destiné à tenir compte de la condensation pendant la compression au grand cylindre ; en évaluant cette compression, d'après ce que nous avons vu précédemment, à 27 %, chiffre moyen, β serait égal à 0,73.

$$\text{or} \quad d'_1 = \mu\, d_1 \quad \text{et} \quad V = rv\,, \quad \text{donc :}$$

$$[1] \qquad \mu\,[\,P\,(a+z) - (h+p_1)\,(c+z)\,] = r\,[\,P'\,(a'+z') - \beta\,h'\,(c'+z')\,]$$

D'autre part, d'après la loi de Mariotte, approximativement applicable à la détente dans les cylindres à haute pression, on a :

$$p = \frac{P\,(a+z)}{a+d+z} \quad \text{et comme } h = p - q\,, \text{ on trouve pour } h \text{ la valeur suivante :}$$

$$[2] \qquad h = \frac{P\,(a+z)}{a+d+z} - q.$$

Les équations [1] et [2] renferment 4 inconnues P′, h, a', c'. Cette dernière quantité qui représente la période de compression au grand cylindre est si peu variable, qu'il est permis de lui attribuer la valeur constante correspondante à l'admission moyenne usitée de 50 %. Quant à P′, pression finale d'admission au grand cylindre, on peut la considérer comme étant dans un rapport sensiblement constant avec celle du réservoir intermédiaire ; de même que P, pression finale d'admission au petit cylindre, est dans un rapport peu variable avec la pression dans la chaudière. Soient α' et α ces deux rapports, on en déduit :

$$P' = \alpha'\,h \quad \text{et} \quad P = \alpha\,H$$

et enfin, l'équation [1] donne pour valeur de a':

$$a' = \frac{\mu\,[\,\alpha\,H\,(a+z) - (h+p_1)\,(c+z)\,] + \beta\,rh'\,(c'+z')}{r\,\alpha'\,h} - z'\,,$$

expression dans laquelle $h = \dfrac{\alpha\,H\,(a+z)}{a+d+z} - q.$

L'examen des diagrammes montre que l'on peut prendre en moyenne :

$$\alpha = 0{,}72\,, \quad \alpha' = 0{,}77\,, \quad p_1 = 1^{\text{kg.}},2$$

et h' pression d'échappement du grand cylindre, est variable de 1,2 à 1,4 kg., suivant que la pression au réservoir est faible ou élevée. Enfin, la perte au réservoir étant de 11 %, on a $\mu = 0,89$.

A l'aide de ces formules, nous avons calculé les admissions aux cylindres détendeurs correspondantes aux crans de marche des cylindres admetteurs pour une pression effective de 11^{kgs} dans la chaudière, et en attribuant à la chute de pression q la valeur 1^{kg}. Les résultats figurent dans le tableau suivant, qui reproduit ceux trouvés plus haut pour le cas des travaux également répartis sur les pistons, et renferme également les admissions reconnues pratiquement les plus favorables à une allure facile de la machine. (1)

PETITS CYLINDRES		PRESSION EFFECTIVE au réservoir		ADMISSION MOYENNE aux grands cylindres en centièmes	
Cran de marche.	Admission moyenne en centièmes.	Pour des travaux égaux sur les pistons..	Pour une chute de pression minima.	Pour une chute de pression minina.	Effectivement employée.
1	2	3	4	5	6
		kgs.	kgs.		
2	23	2	2,4	28	»
3	34	2,5	3,1	36	53
4	43	3	3,6	42	50
5	55	3,6	4,3	48	48
6	62	4	4,7	57	45

Les pressions au réservoir, indiquées par la colonne 4, comparées avec celles de la colonne 3, précédemment trouvées, sont plus fortes et correspondent mieux, pour les admissions prolongées aux petits cylindres, au grand travail que doit alors fournir la machine, mais elles sont encore insuffisantes ; par contre, les pressions indiquées par la colonne 4, pour les faibles admissions aux petits cylindres, ont plus encore que celles de la colonne 3 l'inconvénient, déjà signalé, de produire dans les petits cylindres des contre-pressions trop élevées pour permettre à la machine de courir sur les pentes. Telles sont les causes pour lesquelles l'échelle des admissions, figurée dans

(1) A l'occasion des écarts très importants que présentent les admissions indiquées dans la colonne 5 de ce tableau et calculées d'après les diagrammes, alors que la théorie indiquerait une admission constante, nous ferons observer que, s'il est vrai que le cylindre à haute pression peut être considéré à la fin de la course directe comme rempli de vapeur à une pression peu différente de celle qui existe au réservoir, d'autre part l'hypothèse d'une chute de pression minima suppose que l'admission au grand cylindre est réglée de manière à faire engendrer au piston, pendant cette période, un volume égal à celui que la vapeur provenant d'un coup de piston du petit cylindre, occupe dans le réservoir. Or ce dernier volume est très variable pour les différents crans de marche du petit cylindre, par ce fait qu'une partie de la vapeur admise au début de la course directe est conservée dans le cylindre au début de la compression et dans une proportion d'autant plus notable que la période d'admission a été plus courte.

la colonne 6, se présente en sens inverse de celle qui est contenue dans la colonne 5; ces échelles concordent pour le cran 5, qui représente l'admission moyenne de marche au petit cylindre, et se rapprochent alors de la réalisation indiquée par la théorie, d'une admission au grand cylindre, égale au volume du cylindre admetteur.

En résumé, la relation à établir entre les admissions aux cylindres à haute et à basse pression, doit particulièrement tenir compte de la condition d'adhérence rendue plus impérieuse par la suppression de l'accouplement, ce qui ressort non seulement de la discussion précédente, mais aussi des faits observés. Lorsque les rails se trouvaient humides, nous avons pu constater en dehors des coups de patinage, et à l'examen des tiges reproduisant les mouvements des pistons, un glissement prolongé de l'une ou l'autre des roues motrices, peut-être suffisant pour compromettre l'économie du système.

Les calculs qui précèdent peuvent fournir quelques indications pour la conduite de la machine, mais il est incontestable que l'utilisation aussi complète que possible de la détente de la vapeur, combinée avec les exigences de la marche, donne une large part d'importance à l'initiative du mécanicien.

3° PUISSANCE MAXIMA.

Théoriquement, le travail de la vapeur est le même que si le volume à dépenser était admis directement aux grands cylindres pour y subir la détente totale. L'évaluation de l'effort maximum, basée sur cette considération, serait évidemment exagérée (1); l'hypothèse d'une pression au réservoir, égale à celle de la chaudière, équivaut, en effet, à l'annulation des cylindres admetteurs; or, la pression au réservoir a une limite (2), qui est une des conditions d'établissement de la machine, et doit servir de point de départ au calcul.

L'admission au grand cylindre, au lieu d'être égale au volume du petit, doit alors se trouver assez prolongée pour que la pression initiale ne soit pas supérieure à cette limite.

CALCUL DE L'EFFORT DE TRACTION.

L'effort cherché est égal à la somme de ceux exercés par chacun des groupes de cylindres. Soient, pour une locomotive compound à quatre cylindres :

d et d', leurs diamètres;
l et l', les courses des pistons;

(1) Cet effort serait de 5.700^{kgs}.

(2) Entre autres motifs, une compression anormale aux petits cylindres interdit l'usage des pressions très élevées au réservoir.

v et V, les volumes des cylindres ;
D, le diamètre des roues motrices ;
H, la pression absolue dans la chaudière ;
h, d° d° dans le réservoir intermédiaire ;
F et F′, les efforts de traction exercés par les moteurs à haute et à basse pression pour une pression h donnée.

Pour la pleine admission aux petits cylindres, on a :

$$[1] \qquad F = \frac{(H - h)\, d^2\, l}{D} \quad (1)$$

Soit maintenant a' l'admission aux grands cylindres, correspondante à la pression h, ce qui est exprimé par l'équation :

$$[2] \qquad a'\, V\, h = v\, H.$$

La contrepression aux grands cylindres étant égale à 1, le travail d'un coup de piston a pour valeur :

$$\frac{1}{4}\, \pi\, d'^2 \times a'\, l'\, h \left(1 + \log' \frac{1}{a'} - \frac{1}{h} \times \frac{1}{a'} \right)$$

et pour avoir le travail des deux grands cylindres correspondant à un tour de roues, il faut multiplier cette expression par 4 ; mais ce travail est aussi exprimé par le produit $\pi\, D\, F'$, et de l'égalité de ces deux travaux, on déduit :

$$F' = \frac{d'^2\, a'\, l'\, h}{D} \left(1 + \log' \frac{1}{a'} - \frac{1}{a'\, h} \right)$$

ou en remplaçant a' et h par leurs valeurs tirées de la formule [2]

$$F' = \frac{H\, d'^2\, l'}{D} \times \frac{v}{V} \left(1 + \log' \frac{V\, h}{v\, H} - \frac{V}{v\, H} \right)$$

or $\frac{v}{V} = \frac{d^2\, l}{d'^2\, l'}$. En faisant la substitution, et en désignant par r le rapport $\frac{V}{v}$, il vient :

$$[3] \qquad F' = \frac{H\, d^2\, l}{D} \left(1 + \log' \frac{rh}{H} - \frac{r}{H} \right)$$

L'effort total de la machine est donc :

$$F + F' = \frac{H\, d^2\, l}{D} \left(2 + \log' \frac{rh}{H} - \frac{r}{H} \right) - \frac{h d^2\, l}{D}$$

ou :

$$[4] \qquad F + F' = \frac{d^2\, l}{D} \left[H \left(2 + 2{,}3026 \log \frac{rh}{H} - \frac{r}{H} \right) - h \right].$$

Remarquons d'abord que si les volumes des cylindres à haute et à basse pression étaient égaux,

(1) Nous négligeons ici l'avance à l'échappement, et nous supposons, comme on le fait pour les locomotives ordinaires, que l'admission a lieu pendant toute la course.

le second ne pourrait débiter la vapeur sortant du premier, qu'à la condition d'admettre pendant toute la course, ce qui revient à supposer $d = d'$, $r = 1$ et $a' = 1$; la formule [2] donne :

$V h = v H$ et $h = H$; la formule [4] devient :

$$F + F' = \frac{(H - 1)\, d^2 l}{D} = \frac{P\, d^2 l}{D}$$

P étant la tension effective dans la chaudière. Ce résultat était prévu, les cylindres admetteurs ayant alors un travail nul.

EFFORT MAXIMUM THÉORIQUE DE TRACTION.

La valeur de h ne peut excéder la tension pour laquelle est réglée la soupape de sûreté placée sur le réservoir intermédiaire ; or, les formules [1] et [3] montrent que si on fait décroître h à partir de la valeur H, qui est sa limite supérieure théorique, F′ diminue progressivement, et F augmente ; finalement leur somme $F + F'$ va en décroissant, donc la pression absolue qui ne peut être dépassée au réservoir, est la valeur de h pour laquelle l'effort de traction théoriquement réalisable est le plus grand. Cette tension absolue est de $6^{kgs},7$, ce qui, d'après la formule [2], correspond à une admission $a' = \frac{v H}{V h} = 0,92$. Au point de vue théorique, la valeur de h pourrait continuer à décroître, mais seulement jusqu'à celle qui se rapporterait à la pleine admission aux grands cylindres; on aurait alors $a' = 1$ et $v H = V h$, ce qui donnerait $h = \frac{v H}{V} = 6^{kgs},18$; la soupape du réservoir ne pourrait donc pas être réglée au-dessous de la pression effective de $5^{kgs},2$, sans laisser perdre de la vapeur, lorsque les petits cylindres marchent à pleine admission.

Si dans la formule [4] on remplace h par cette valeur $\frac{v H}{V}$ ou $\frac{H}{r}$, qui suppose l'admission aux grands cylindres pendant toute la course, on arrive à l'expression :

$$[5] \qquad F + F' = \frac{H\, d^2 l}{D} \left(2 - \frac{r^2 + H}{r H}\right)$$

ou numériquement $F + F' = 5.030^{kgs}$.

Entre cette valeur de l'effort et la valeur irréalisable de 5.700^{kgs}, que l'on calcule d'après l'expansion totale de la vapeur employée, se place l'effort maximum théorique donné par la formule [4], en supposant $h = 6,7$, et $H = 12$, pression maxima dans la chaudière. Cet effort est l'équivalent de celui qu'on obtient en appliquant la formule $F = \frac{P d\, l^2}{D}$ à une locomotive ordinaire. Pour la locomotive 701, la formule [4] donne :

$$F + F' = 5.170^{kgs}.$$

Les formules [4] et [5] se rapportent à une locomotive compound à quatre cylindres ; s'il n'y en avait que deux, il faudrait prendre la moitié de l'effort obtenu ; et s'il y en avait trois, le rapport r des volumes devrait être calculé en supposant dédoublé le cylindre unique (1).

---

(1) Pour déterminer le diamètre x des cylindres d'une locomotive simple de même puissance que la locomotive compound, pour une même course de pistons et une même pression absolue H dans la chaudière, on a :

$$\frac{(H - 1)\, x^2 l}{D} = F + F' - \frac{d^2 l}{D} \left[H \left(2 + 2,3026 \log \frac{r h}{H} - \frac{r}{H}\right) - h \right]$$

d'où :

$$x = d \sqrt{\frac{H \left(2 + 2,3026 \log \frac{rh}{H} - \frac{r}{H}\right) - h}{H - 1}}$$

h étant la pression absolue à laquelle la soupape est réglée.

Les valeurs de F et de F′ sont respectivement de 1.678 kgs. et 3.492 kgs. En appliquant à cette dernière le coefficient pratique 0,65 ordinairement employé, on trouve 2.270 kgs. effort dont le rapport au poids adhérent est $\frac{2.270}{13.950} = \frac{1}{6,1}$; ce qui montre que la pression effective de 5,7 kgs. au réservoir est bien une limite, pour les conditions habituelles d'adhérence. Quant aux petits cylindres, leur effort n'est pas, bien entendu, restreint à celui de 1.678 kgs. qui se rapporte à la puissance maxima totale de la machine.

DÉMARRAGE

Au commencement du démarrage, la pression effective au réservoir étant nulle, ou à peu près, l'effort dû aux cylindres admetteurs est $\frac{(H - 1)\, d^2\, l}{D}$ $= 3.800^{kgs.}$; mais la pression croissant, cet effort diminue, pendant que celui des grands cylindres, devenu prépondérant à son tour, se rapproche de sa limite.

En réalité, au démarrage, les deux changements de marche ne sont mis à fond de course que pour les premiers tours de roues, puis les admissions sont ramenées aux valeurs qu'elles doivent avoir en vitesse; si le train est lourd, celle des petits cylindres reste un peu plus longtemps à pleine course, et en outre la vapeur est admise directement au réservoir intermédiaire par le petit tuyau spécial; lorsque le train est léger, cette admission directe ne devient nécessaire qu'au premier démarrage pour le réchauffage des cylindres.

On voit, d'après ce qui précède, que l'admission franche de la vapeur de la chaudière aux grands cylindres avec échappement des petits dans l'atmosphère, ferait peu de chose pour accélerer la mise en vitesse et ne serait avantageuse que pendant le parcours de quelques hectomètres; d'autre part, cette disposition serait inutile en marche, en raison de ce que nous avons dit au sujet de l'adhérence des roues d'arrière. La puissance d'une locomotive compound à essieux indépendants est donc limitée à celle que peut procurer le fonctionnement compound.

L'effort maximum théorique de 5.170 kgs. est un peu inférieur à celui de 5.420 kgs. attribué aux 67 locomotives express des dernières séries; la différence est faible, et si la locomotive 701 est un peu inférieure aux autres machines, sous le rapport de la puissance, cela tient surtout à l'indépendance des essieux moteurs qui l'empêche de s'approcher autant que celles-ci de la limite théorique, l'utilisation incomplète de l'adhérence des roues d'avant dans la marche en rampes, ne pouvant être suffisamment compensée par un excédent de travail transmis à l'essieu d'arrière, que lorsque l'état des rails est très favorable à l'adhérence.

4° RAPPORT DES VOLUMES DES CYLINDRES A HAUTE ET A BASSE PRESSION.

Lorsque la machine développe une grande puissance, le travail des cylindres à basse pression, nous venons de le dire, est très élevé, et la vapeur qui s'en échappe atteint et dépasse la pression de 2 kgs. effectifs ; il en résulte un tirage violent, parfois susceptible d'arracher le feu, inconvénient qui eut été amoindri ou supprimé par un échappement légèrement plus grand (la tuyère actuelle a 130 $^{m}/_{m}$ de diamètre), tout en laissant au tirage une énergie suffissante, lorsque la pression devient faible ; mais il eut été préférable encore d'adopter un rapport un peu plus grand entre les volumes des cylindres.

La production de la chaudière est largement suffisante pour la consommation de la machine qui a pu, dans nos expériences, avec un train de 145 tonnes, gravir en se maintenant en pression, les rampes de 5 $^{m}/_{m}$ précédant Survilliers, à la vitesse soutenue de 72 km. à l'heure. De plus grands cylindres détendeurs, avantageux en ce qu'ils eussent diminué la pression d'échappement, tout en utilisant mieux la détente, auraient donc permis en outre, mais toujours sous la réserve d'une adhérence suffisante, de reculer la limite de puissance de la machine.

Pour mieux préciser, nous avons cherché quel devrait être le diamètre des cylindres détendeurs, pour que la pression soit réduite d'une quantité déterminée, $\frac{1}{2}$ kg. par exemple, et nous avons trouvé $d' = 500$ $^{m}/_{m}$, au lieu de 460 $^{m}/_{m}$, diamètre réel. Le rapport des volumes des cylindres à haute et à basse pression, qui est actuellement 1 : 1,94 deviendrait alors 1 : 2, 3, mais la détermination du volume de ces derniers doit aussi tenir compte, dans une certaine mesure, de la quantité minima de vapeur débitée par les petits cylindres, afin que la pression à la fin de l'expansion totale ne soit pas, autant que possible, inférieure à la pression atmosphérique, la revaporisation pendant l'échappement anticipé pouvant fournir la vapeur nécessaire pour que le cylindre soit rempli à la fin de la course, de vapeur à cette pression.

En marche normale, on descend rarement jusqu'au cran 3 donnant une admission de 34 %, pour laquelle le poids de la vapeur réellement dépensée par les petits cylindres est de 55 gr. par coup de piston ; or, en raison de la perte au réservoir intermédiaire, la dépense des grands cylindres est les 89 centièmes de cette quantité, soit 49 gr. Pour que ce poids de vapeur soit ramené à la fin de la détente dans le grand cylindre, à la pression absolue de 1 kg. il faudrait à celui-ci un volume de 0,097 m³, espace nuisible compris ; or le

volume réel est de 0,108 m³, et avec cette admission de 34 %, peu usitée il est vrai, les grands cylindres ne peuvent se trouver remplis de vapeur.

Une augmentation notable de leur diamètre aurait donc pour conséquences, avec les faibles admissions, la suppression complète de l'appel d'air par l'échappement, et une aspiration par les pistons, des gaz de la boîte à fumée. La première considération a peu d'importance, le tirage naturel activé en marche par l'introduction de l'air dans le cendrier, étant suffisant pour la production demandée à la chaudière, lorsqu'on dépense peu de vapeur.

Quant à l'aspiration des gaz, elle a lieu dans les locomotives ordinaires lorsqu'elles marchent à régulateur fermé, et cela pendant la période qui correspond à celle d'échappement anticipé ; mais on a soin alors, de mettre la marche à fond de course, pour réduire cette période autant que possible, tandis que dans la locomotive compound, l'aspiration des gaz dans les grands cylindres pourrait être plus importante, en raison du cran de marche adopté. Le poids minimum de vapeur à dépenser doit donc, sans cependant créer une obligation rigoureuse, être pris en considération pour le choix du volume du cylindre détendeur.

RAPPORT DES VOLUMES PROPOSÉ.

Le rapport des volumes, qui est ainsi plus ou moins lié au travail minimum de la machine, dépend aussi de la puissance maxima à obtenir ; la locomotive 701 est, comme nous l'avons montré, un peu faible, comparée aux machines qui font le même service (1) ; il eut donc été préférable d'adopter pour les petits cylindres un diamètre de 345 $^{m}/_{m}$ par exemple, au lieu de 330 et de porter à 500 $^{m}/_{m}$ au lieu de 460, celui des grands, ce qui eut donné le rapport 1 : 2, 1. Ce rapport, tout en augmentant un peu l'expansion totale, aurait été insuffisant pour faire disparaître l'inconvénient d'un tirage trop actif, lors d'une grande admission aux petits cylindres, et il semble que l'emploi d'un échappement variable aurait été avantageux.

5° RENDEMENT DE LA MACHINE.

Les expériences de traction qui ont accompagné le relevé des diagrammes, nous ont permis de calculer les travaux produits simultanément sur les pistons et au crochet de traction du tender. Le rapport de la seconde quantité à la première donne un rendement brut qui tient compte, non seulement de toutes les résistances dues au mouvement de la machine, mais aussi de la résistance du tender, variable suivant son chargement, et enfin de l'influence de la gravité lorsque la voie n'est pas de niveau.

---

(1) Elle paraît surtout faible, si on considère les exigences croissantes du service des trains lourds à grande vitesse.

L'évaluation du travail utilisé à la circonférence des roues motrices, ou ce qui revient au même, à la barre d'attelage de la machine, en palier, permet de mieux comparer les rendements, soit d'une même locomotive dans diverses conditions de marche, soit de locomotives différentes.

Nous avons donc calculé le travail utilisé à la barre d'attelage, en choisissant de préférence les expériences faites en rampes, l'effort de traction étant évalué plus exactement lorsqu'il est élevé, et la correction relative à la pesanteur pouvant être faite d'une manière à peu près rigoureuse. L'effort à la barre d'attelage surpasse de la résistance totale du tender, celui relevé au crochet de traction ; nous avons admis pour ce véhicule, une résistance par tonne un peu supérieure à celle du train, et nous avons tenu compte de son chargement au moment de l'expérience, d'après les consommations moyennes d'eau et de charbon.

CORRECTION NÉCESSITÉE PAR L'ACCÉLÉRATION.

Il restait une correction à faire, celle qui se rapporte à l'accélération positive ou négative. La vitesse est presque toujours un peu variable, même lorsque le profil de la voie et le travail sur les pistons ne changent pas, d'où l'on conclut que ce dernier diffère de la somme des travaux résistants. L'effort au crochet de traction se trouve alors majoré ou amoindri de la quantité nécessaire pour produire cette accélération sur le train ; mais comme la machine et le tender la subissent également, il faut, pour calculer le travail utilisable à la barre d'attelage dans un mouvement uniforme, augmenter ou diminuer le travail obtenu de la quantité afférente à l'accélération de ces deux véhicules.

P étant le poids de la machine et du tender ; v_0 et v les vitesses en mètres par seconde au commencement et à la fin de la période observée, n le nombre de secondes écoulées, le travail T_f de la force accélératrice, est égal à l'accroissement de puissance vive qu'elle a produit, d'où :

$$T_f = \frac{\frac{1}{2}\frac{P}{g}(v^2 - v^2_0)}{n \times 75}$$

La résistance au roulement des véhicules pouvant être considérée comme constante pour les écarts de vitesse observés (1), l'expression ci-dessus donne, en chevaux, le travail positif ou négatif qui tient compte de l'accélération, et doit être ajouté (algébriquement avec son signe), au travail qui résulte de l'effort exercé au crochet de traction.

Le tableau ci-contre renferme les rendements calculés d'après les considérations qui précèdent :

(1) Un ou deux km. à l'heure au plus.

TABLEAU DU RENDEMENT DE LA LOCOMOTIVE 701.

Poids de la machine en charge..... 37.800 kgs.

Poids du tender au départ de Paris { le 23 Novembre..... 32.700 »
le 18 Mai..... 31.200 »

NOTA. — L'allègement du tender en marche a été calculé à raison de 60 kgs. par kilomètre.

Train 11 du 23 Novembre 1886.

Numéros d'ordre des diagram^es.	PROFIL de LA VOIE.	VITESSE en kilomètres à l'heure.	VITESSE en mètres par seconde.	ADMISSIONS en centièmes de la course. Cylindres à haute pression	ADMISSIONS en centièmes de la course. Cylindres à basse pression	Effort au crochet de traction du tender.	Résistance totale du tender.	Effort utilisé à la barre d'attelage de la machine.	Résistance due à l'action de la pesanteur sur la machine	Effort utilisable en palier à la barre d'attelage.	TRAVAIL UTILISABLE en palier à la barre d'attelage de la machine. En supposant la vitesse uniforme.	TRAVAIL UTILISABLE en palier à la barre d'attelage de la machine. En tenant compte de l'accélération T_u	TRAVAIL total de la vapeur sur les pistons T_p	RENDEMENT $\frac{T_u}{T_p}$
						kgs.	kgs.	kgs.	kgs.	kgs.	Chevx.	Chevx.	Chevx.	
2′	Rampe de 5 m/m	59	16,35	72	54	1510	348	1858	190	2048	447	447	750	0,59
7′	d° 1,65 »	75,7	21	57	52	850	260	1110	62	1172	328	356	676	0,53
9′	d° 4 »	63,8	17,70	59	54	1050	320	1370	151	1521	356	367	608	0,60
17′	d° 1,38 »	82	22,70	60	54	800	200	1000	52	1052	318	364	681	0,53
18′	a° 1,55 »	84,7	23,47	60	54	840	200	1040	56	1096	343	386	811	0,48
19′	d° 5 »	76,2	21.15	64	54	980	200	1180	190	1370	384	384	756	0,51
20′	d° 5 »	75,8	21,05	64	54	970	200	1170	190	1360	381	388	729	0,53

Train 11 du 18 Mai 1886.

1	Rampe de 3,5 m/m	75	20.81	72	55	1100	260	1360	143	1503	424	364	599	0,60
2	d° 5 »	64	17,78	72	55	1400	310	1710	190	1900	445	427	595	0,72
4	d° 5 »	68	18,89	72	55	1350	300	1650	190	1840	462	442	658	0,67
5	d° 5 »	63	17,50	76	52	1400	300	1700	190	1890	441	441	600	0,73

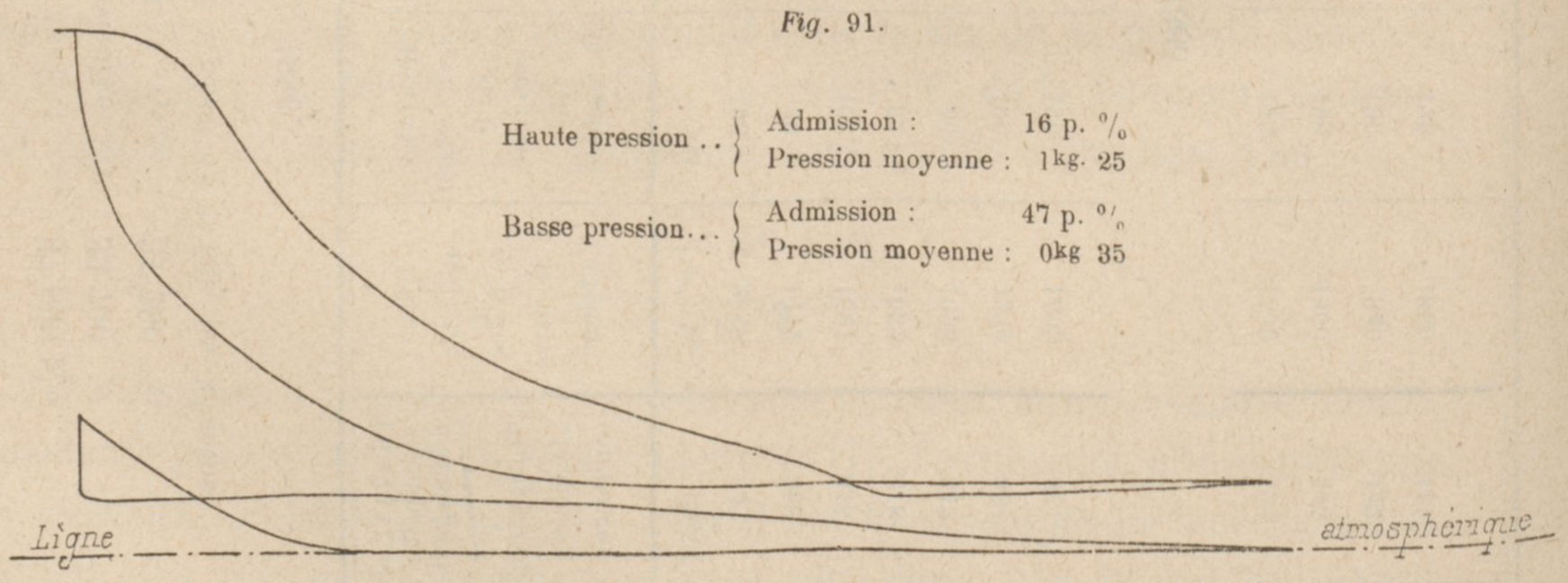
Le travail total de la vapeur ayant été calculé d'après celui indiqué sur deux faces de piston seulement, et les corrections donnant lieu à quelque incertitude, les résultats qui précèdent sont approximatifs. Toutefois les différences très notables de ces rendements proviennent surtout des changements qui s'opèrent d'une manière incessante dans les résistances, d'après le profil et l'état de la voie qui modifient singulièrement l'allure de la machine, la résistance de l'air, la pression sur les tiroirs et leur course. On voit que le rendement en pleine marche peut atteindre 75 %, et serait en moyenne de 55 à 60 %, chiffres qui se rapportent à la traction en rampes.

EFFET UTILE DU MÉCANISME.

Dans le calcul du rendement, les résistances de la machine comprennent :

1° celle due au roulement du véhicule ; 2° la résistance de l'air ; 3° la résistance du mécanisme sous pression. Nous avons essayé de déduire approximativement cette dernière, d'une expérience faite à l'essai de la machine sortant de réparation, et remorquant, outre son tender, le wagon dynamomètre seulement. Parmi les quelques diagrammes relevés, plusieurs n'ont pu être utilisés, soit pour défaut de netteté, soit parce qu'ils se trouvaient incomplets, à cause d'arrêt imprévu ; mais quatre d'entre eux, dont deux à haute pression, et deux à basse pression, pris à la vitesse faible et constante de 18 kilomètres à l'heure, et en rampes de $3^m/_m,92$ c'est-à-dire dans de très bonnes conditions, ont permis de déterminer à peu près le travail sur les pistons. Nous reproduison ci-dessous Fig. 91 l'un de ces deux groupes qui ne diffèrent pas sensiblement l'un de l'autre :

Fig. 91.



La vitesse enregistrée par l'appareil du wagon dynanomètre était exactement de $5^m,03$ par seconde, ce qui donne, pour les pistons, une vitesse moyenne de $0^m,93$. Le travail total de la vapeur était alors, d'après

ces diagrammes, de 41 chevaux ; mais ils ont été relevés sur l'avant des cylindres, qui présente, pour cette admission, une ouverture de lumière et une avance notablement inférieures à celles de l'arrière ; ce travail est donc un peu trop faible, et nous avons pris celui de 45 chevaux. La résistance du wagon, qui pèse 8.325^{kgs}, a été comptée à raison de 1^{kg},5 par tonne en palier, plus 3^{kgs},92 par tonne pour tenir compte de la rampe, d'où une résistance totale de 45^{kgs}. Pour estimer celle du tender, et celle de la machine considérée comme véhicule, nous nous sommes reporté à quelques expériences faites en 1884 à la Compagnie du Nord, sur des locomotives à 8 roues couplées, en rampes de 15 $^{m}/_{m}$, et en alignement, ou courbes de grands rayons.

Deux machines ayant leur mécanisme entièrement démonté (bielles d'accouplement comprises), étaient traînées, avec leurs tenders, à la vitesse de 25^{km} à l'heure. La moyenne de quatre expériences a donné une résistance totale de 3^{kgs},96 par tonne. On peut admettre que celle de la locomotive 701 était sensiblement plus petite, par suite de la différence des vitesses et de celle des types de machines, et prendre, par exemple, une résistance de 3^{kgs} en chiffre rond, pour la locomotive compound et son tender. Ces deux véhicules en charge pesant ensemble 70 tonnes, la résistance totale serait de $70 \times (3 + 3{,}92) = 485^{kgs}$, en tenant compte de la rampe, ce qui, joint à la résistance du wagon, correspond à un effort de 530^{kgs} et à un travail moteur : $T_m = 35$ chevaux. L'effet utile du mécanisme était donc environ :

$$\frac{T_m}{T_p} = \frac{35}{45} = 0{,}775.$$

Le travail de 10 chevaux, absorbé par les organes correspond, pour cette vitesse de 5^{m},03, à un effort de traction de $\frac{75 \times 10}{5{,}03}$ ou 150^{kgs}, à peu près.

Abstraction faite des hypothèses introduites dans le calcul, cet effort doit être considéré comme un minimum, tant à cause de la petite course des tiroirs des cylindres admetteurs, que de l'absence presque complète de pression sur les tiroirs des cylindres détendeurs. Or, comme le frottement de ces organes représente, en marche normale, une très grande partie de la résistance totale du mécanisme, on doit admettre que celle qui se développe avec une grande admission aux petits cylindres, et une pression effective de 4 à 5^{kgs} au réservoir intermédiaire, peut devenir deux fois plus considérable.

En tous cas, cette expérience montre (et c'est là son principal intérêt), que malgré l'addition du mécanisme extérieur, la résistance totale des organes de

la locomotive 701 ne paraît pas être supérieure à celle des autres locomotives affectées au même service (1).

RÉSUMÉ & CONCLUSIONS.

La locomotive compound 701, dont le parcours total, au 30 Juin 1887, était de 73.790 kilomètres, marche régulièrement depuis la fin de Novembre 1886 et fait un bon service ; comparée aux autres locomotives à grande vitesse, elle paraît parfois un peu faible ; nous en avons exposé les motifs.

Les modifications apportées aux tiroirs de distribution et aux pistons des petits cylindres, ont beaucoup amélioré la distribution de cette machine qui présente une consommation faible, ainsi qu'une marche régulière, conséquence de la facilité avec laquelle elle franchit les rampes lorsque le train n'est pas très lourd. Nous avons montré combien la condition d'adhérence mérite l'attention, sous peine de perdre une partie de l'économie réalisable, et les calculs relatifs au travail de la vapeur, ainsi qu'au rendement mécanique, peuvent servir à caractériser cette machine dont la Compagnie du Nord a fait un sujet d'études.

Pour résumer ce qui aurait pu, selon toute probabilité, la faire bénéficier davantage de la meilleure utilisation de la vapeur inhérente au système compound, nous serons amené à conclure aux dispositions suivantes :

1° Augmenter l'avance à l'admission et l'ouverture des lumières des petits cylindres ;

2° Donner à ces lumières une section supérieure à celle qui se déduit, relativement à la surface du piston, du rapport admis pour les locomotives ordinaires ;

3° Diminuer la période de compression, autant que possible ;

4° Augmenter un peu le volume du réservoir intermédiaire, et le soustraire, autant que possible, au refroidissement ;

5° Augmenter les diamètres des cylindres, et le rapport de leurs volumes ;

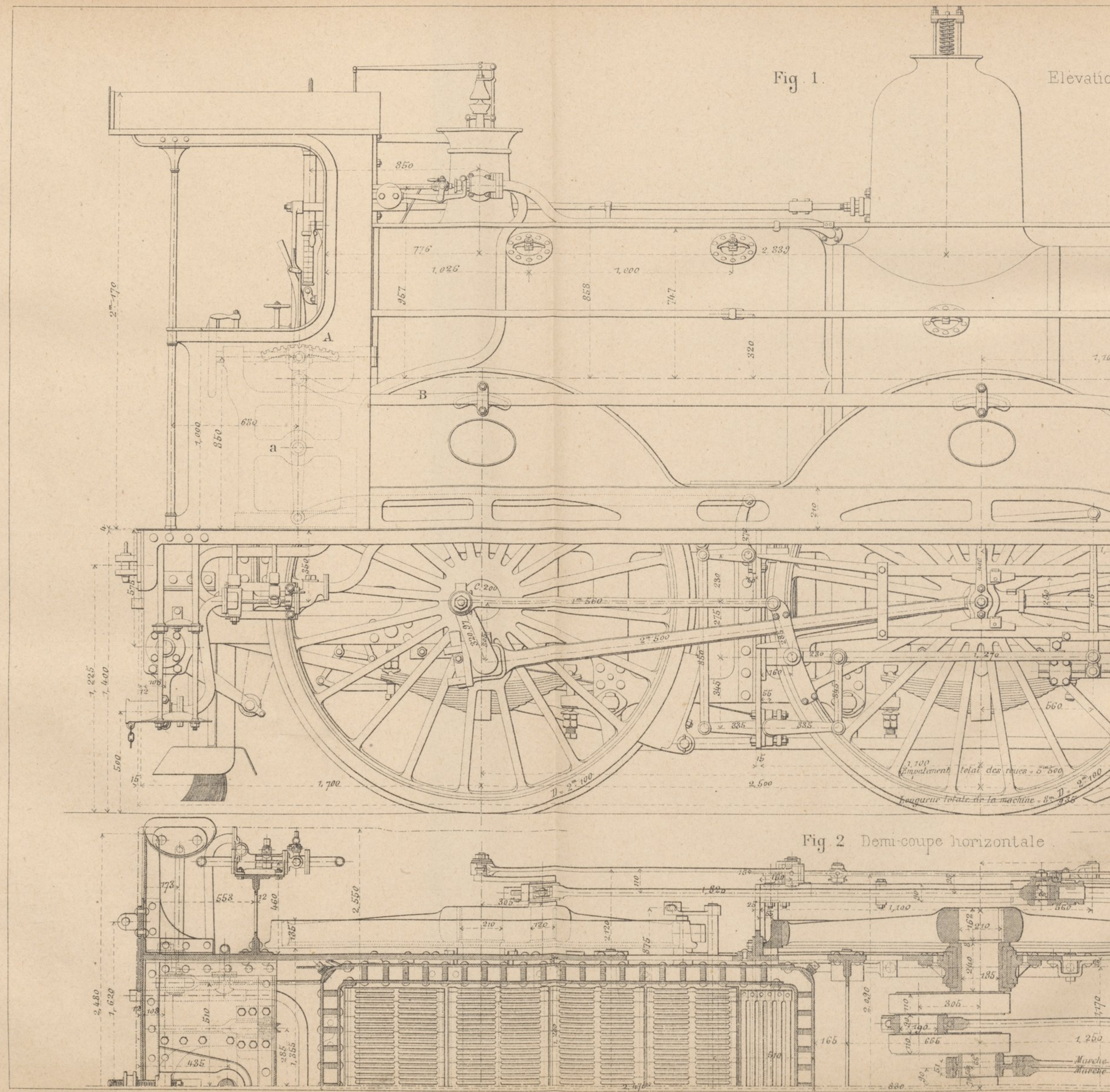
6° Augmenter un peu la section du tuyau d'échappement, ou mieux, adopter l'échappement variable.

(1) Il est vrai que la machine compound ne porte pas de bielles d'accouplement, mais la résistance due à la présence de ces organes sur les autres locomotives, semble devoir être considérée comme bien inférieure à celle du mécanisme proprement dit.

La locomotive 701 représente une application rationnelle du fonctionnement compound, dont les résultats économiques, pour les machines à vapeur en général, procèdent à la fois des avantages thermiques, et de la diminution des résistances passives ainsi que de l'usure, par suite de la réduction des efforts moyens sur les pistons. L'économie de combustible réalisée par la machine 701, malgré la perte de vapeur qui résulte de la condensation constatée au réservoir intermédiaire, et malgré les petites imperfections si faciles à corriger après expérience, mais inévitables dans la première étude d'un type absolument nouveau, met en évidence l'avantage que l'utilisation de la vapeur dans des cylindres successifs peut procurer aussi bien sur les locomotives que sur les autres moteurs. Un service plus prolongé fera mieux connaître les avantages d'un autre ordre qu'on doit attendre de la diminution des efforts auxquels sont soumises les pièces du mécanisme.

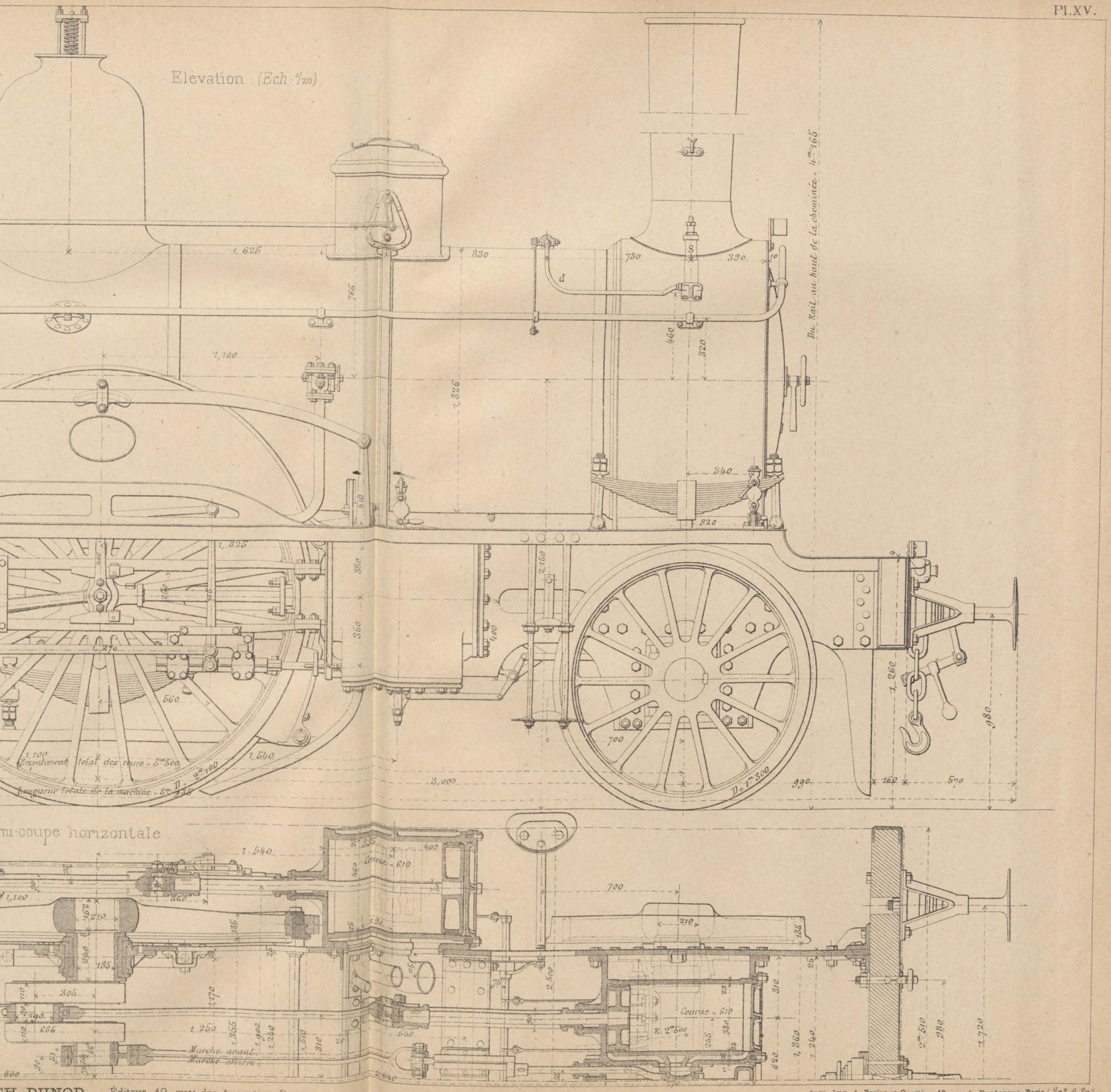
FIN.

LOCOMOTIVE COMPOUND A 4 CYLINDRES N° 701, DU



Vve CH. DUNOD. — Éditeur, 49, quai des

4 CYLINDRES N° 701, DU CHEMIN DE FER DU NORD. (NOTE PAR Mr A. PULIN)

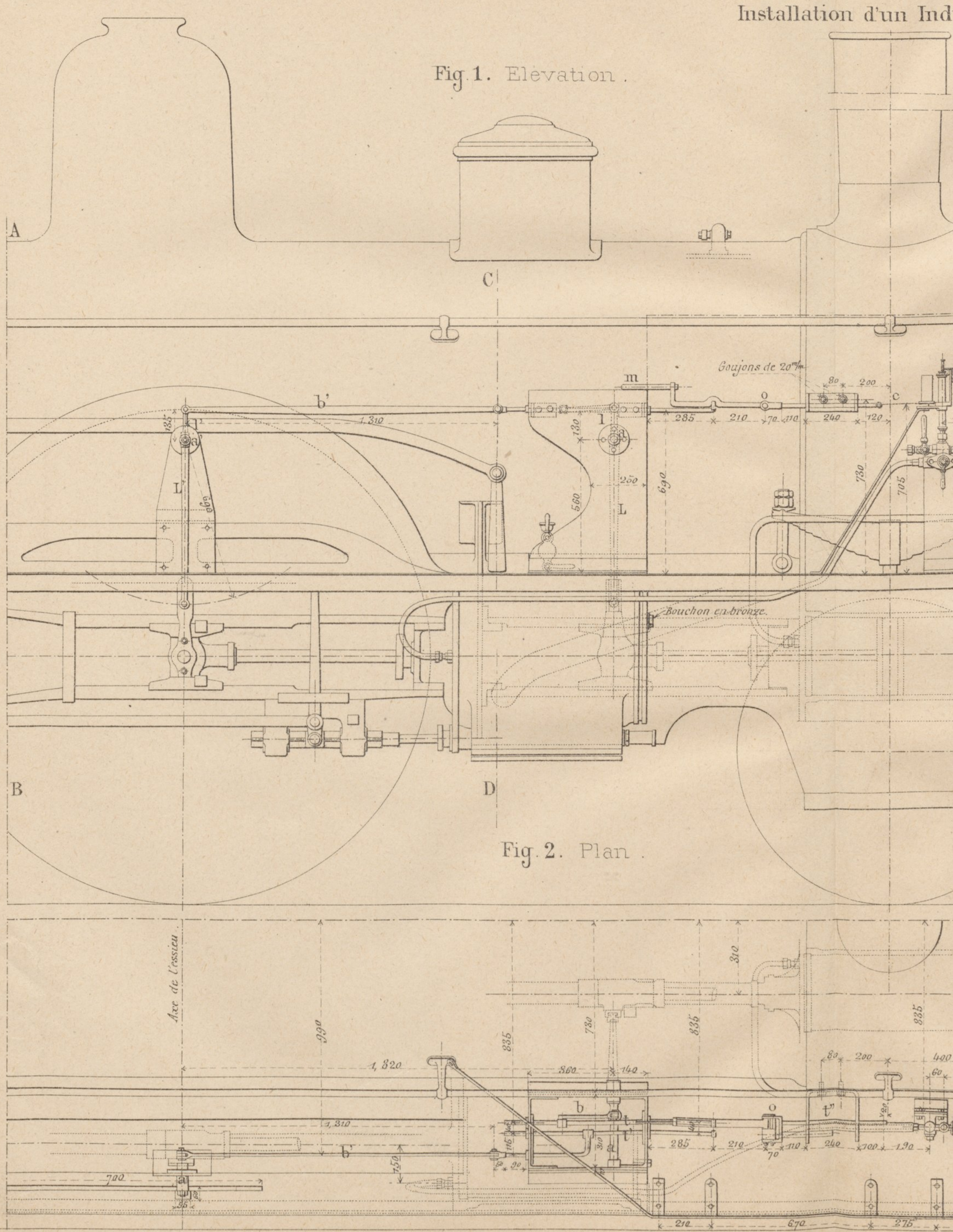


CH. DUNOD. — Éditeur, 49, quai des Augustins, Paris.

Auto. Imp. A. Broise et Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris. (873. 6. 87)

LOCOMOTIVE COMPOUND A 4 CYLINDRES N° 7

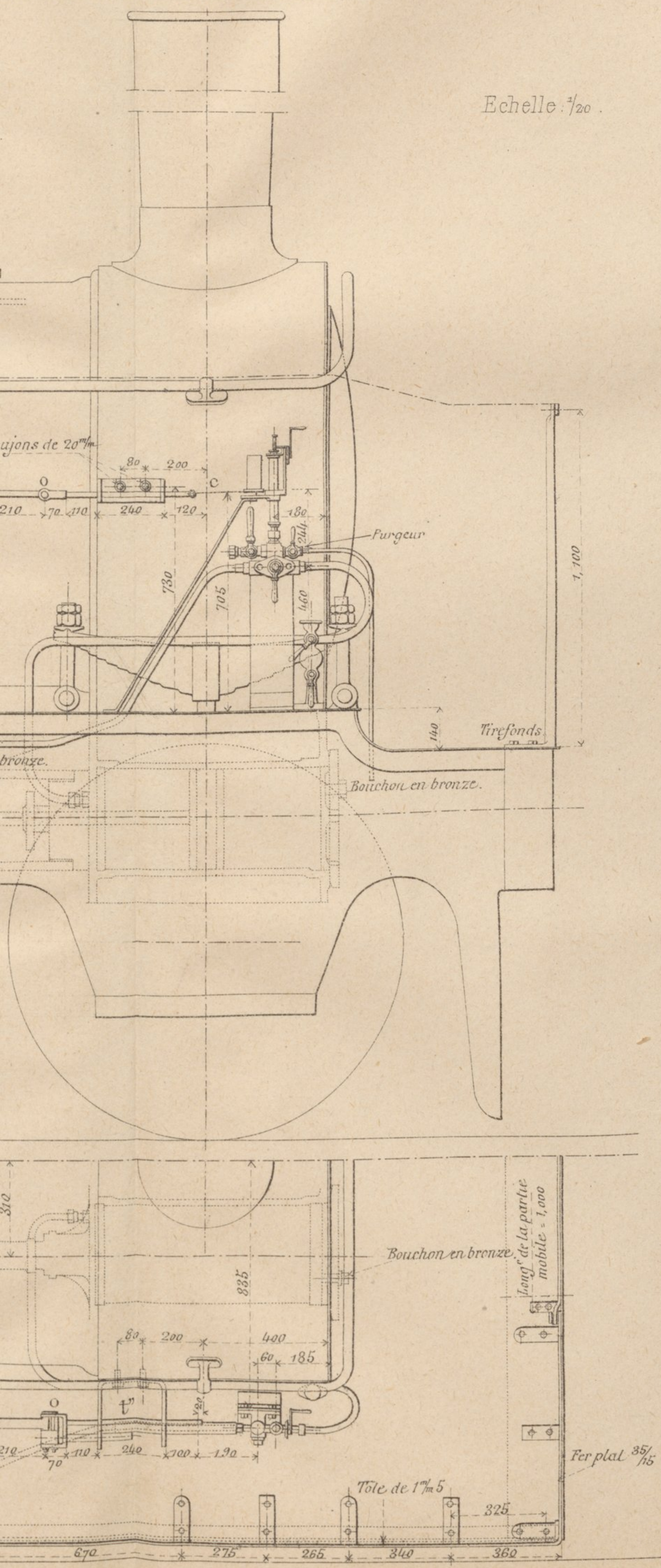
Installation d'un Ind



Vve CH. DUNOD. — Éditeur, 49, quai des Augus

Installation d'un Indicateur.

Echelle : 1/20.



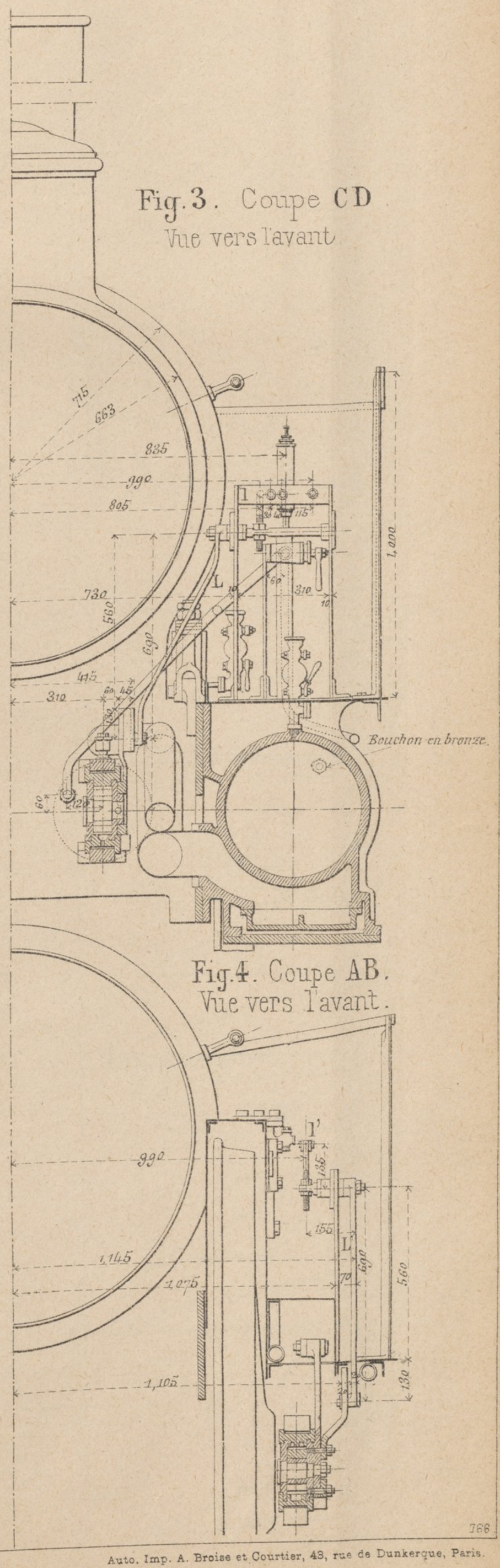


Fig. 3. Coupe CD
Vue vers l'avant

Fig. 4. Coupe AB.
Vue vers l'avant.

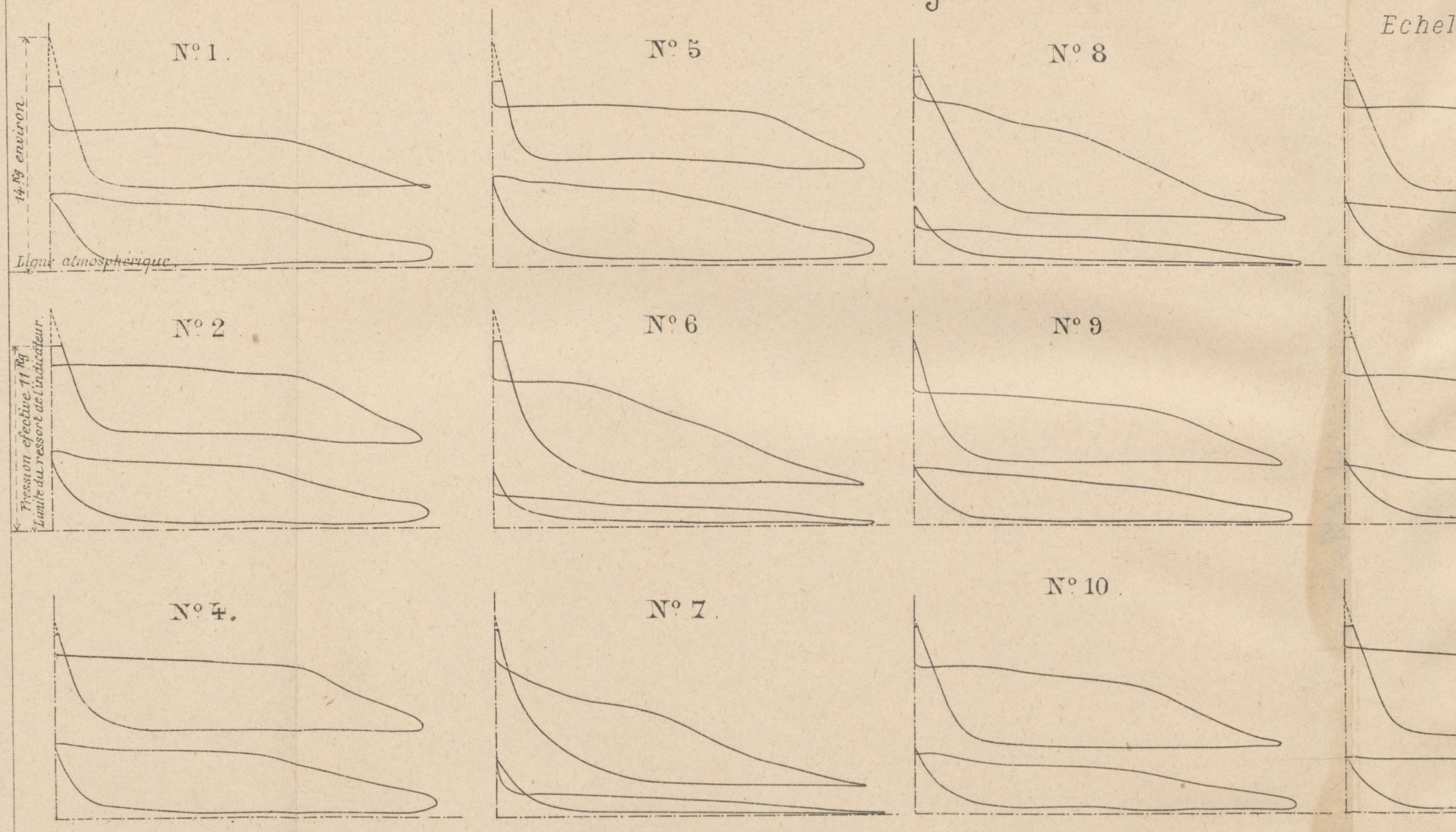
Auto. Imp. A. Broise et Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

D. — Éditeur, 49, quai des Augustins, Paris.

LOCOMOTIVE COMPOUND A 4 CYLINDRES N°701

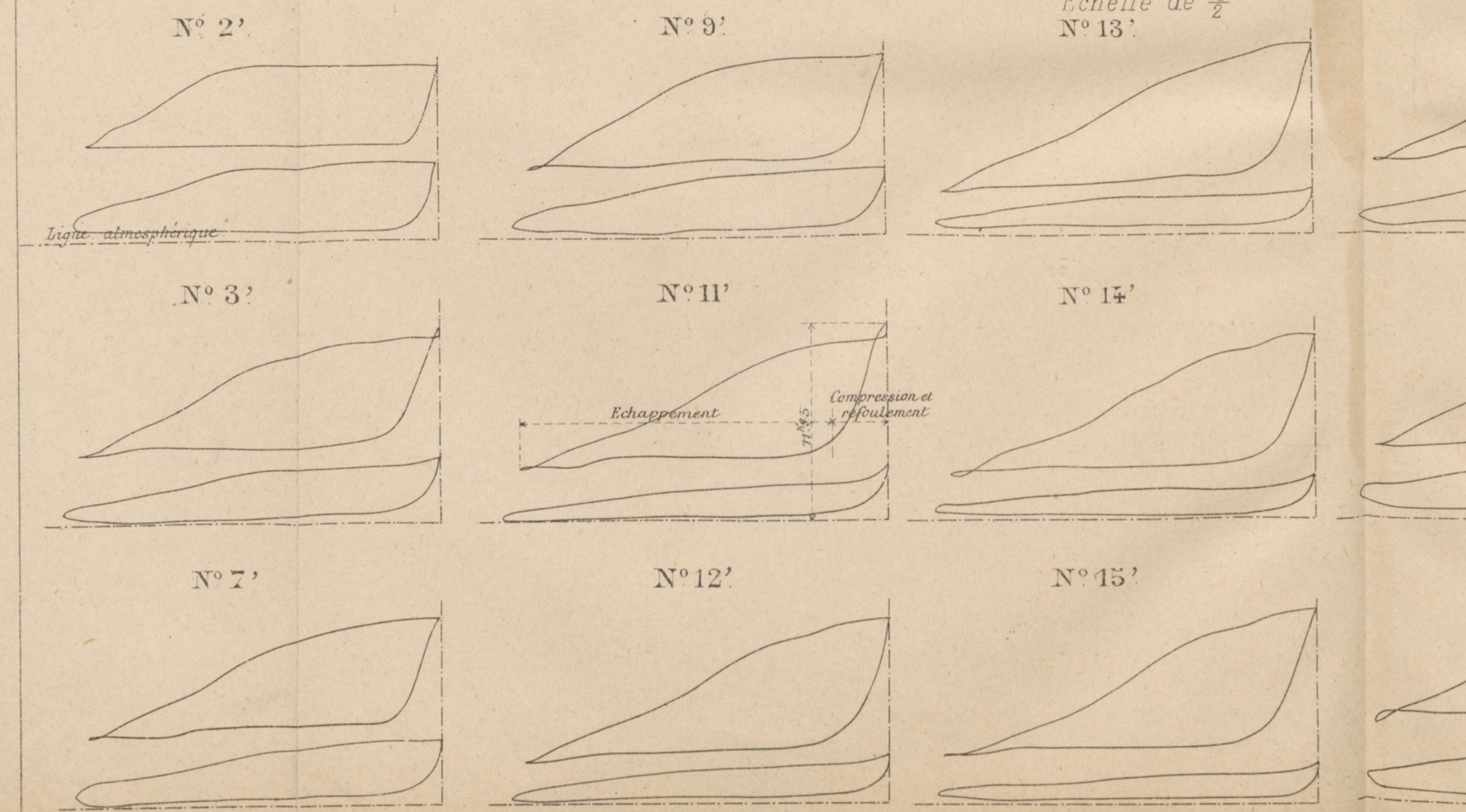
Diagrammes relevés au train 11 du 18 Mai 188

Echel



Diagrammes relevés au train 11, du 23 Novembre 1886. – Arrière des cylin

Echelle de $\frac{1}{2}$

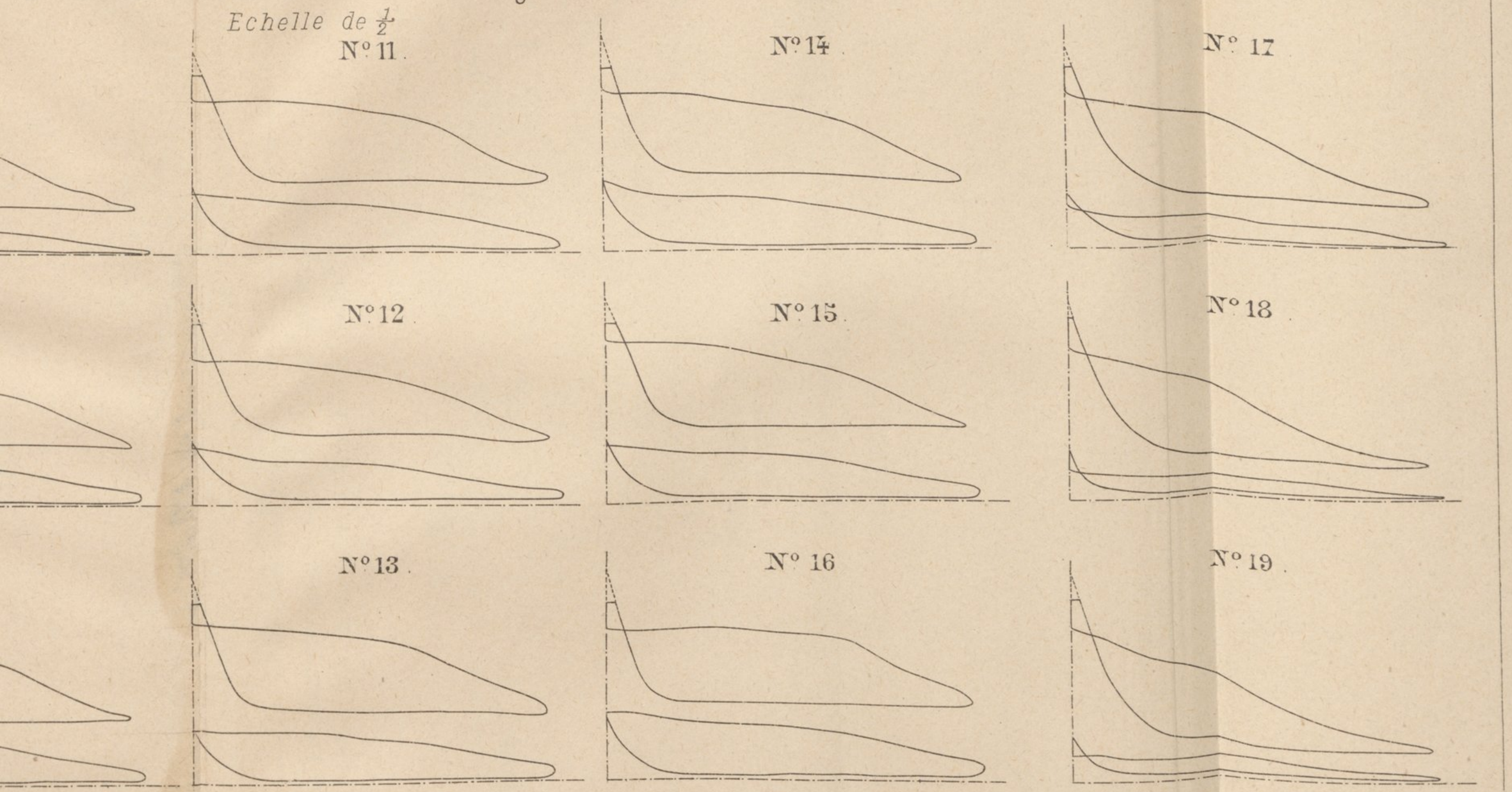


Vve CH. DUNOD. — Éditeur, 49, qu

A 4 CYLINDRES N°701, DU CHEMIN DE FER DU NORD (NOTE PAR Mr A. PULIN.)

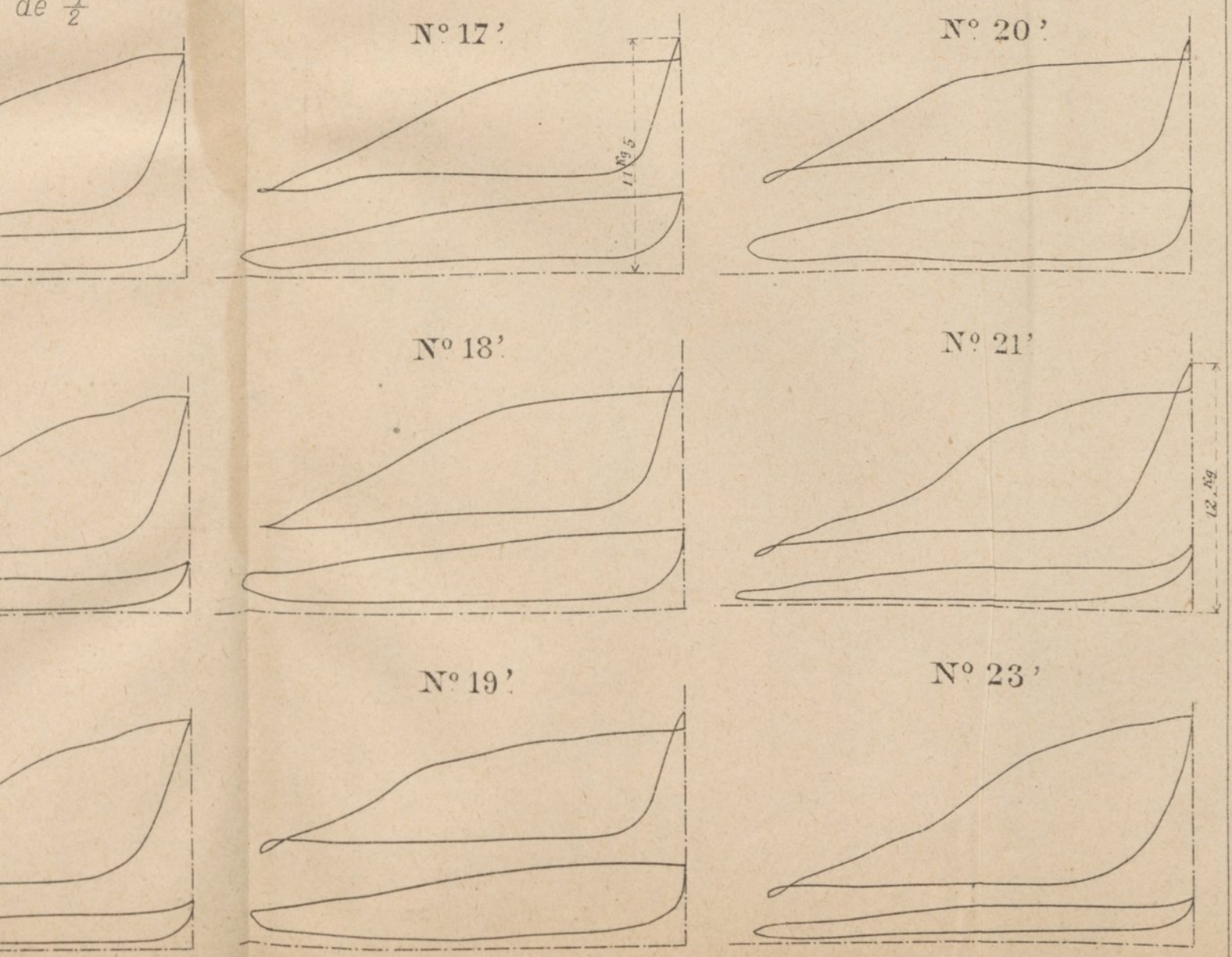
au train 11 du 18 Mai 1886 _ Avant des cylindres. *(Tableau B du texte).*

Echelle de $\frac{1}{2}$

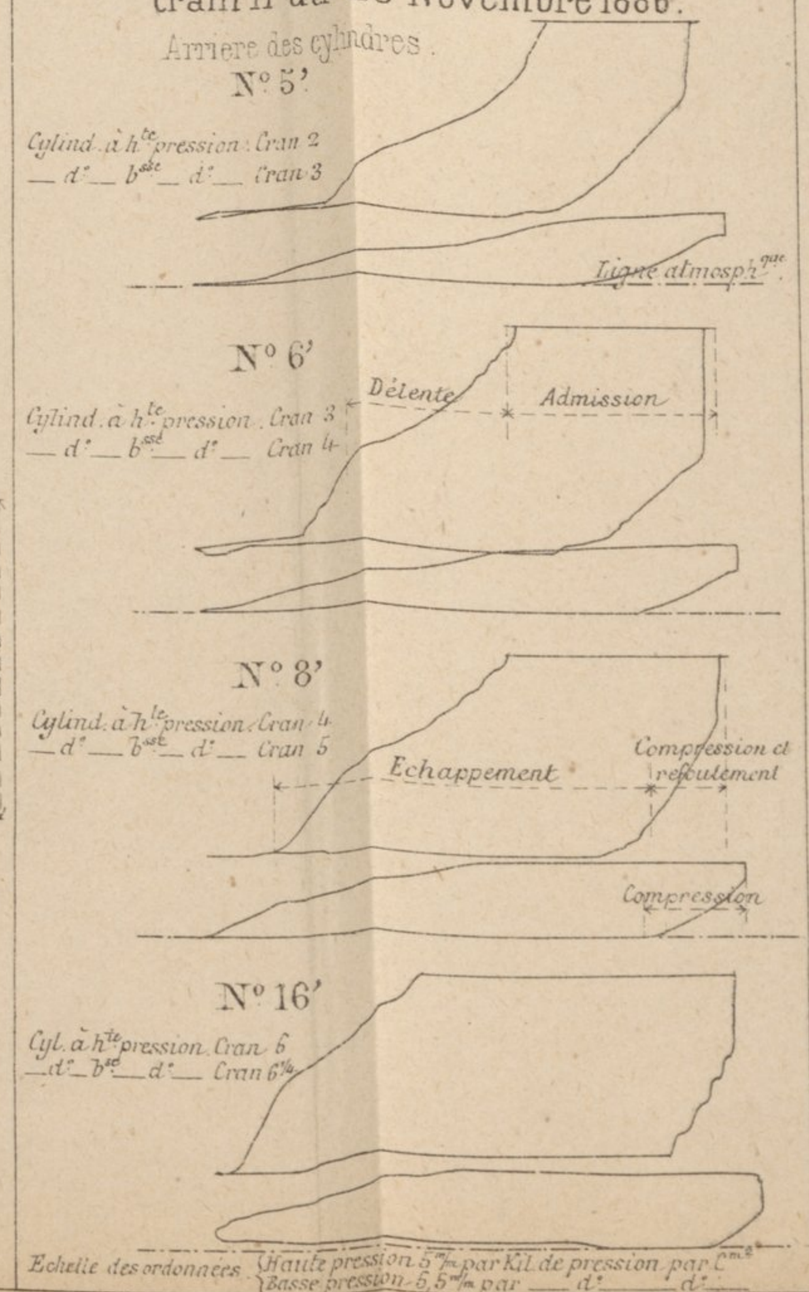


e 1886 _ Arrière des cylindres. *(Tableau C du texte)*

de $\frac{1}{2}$

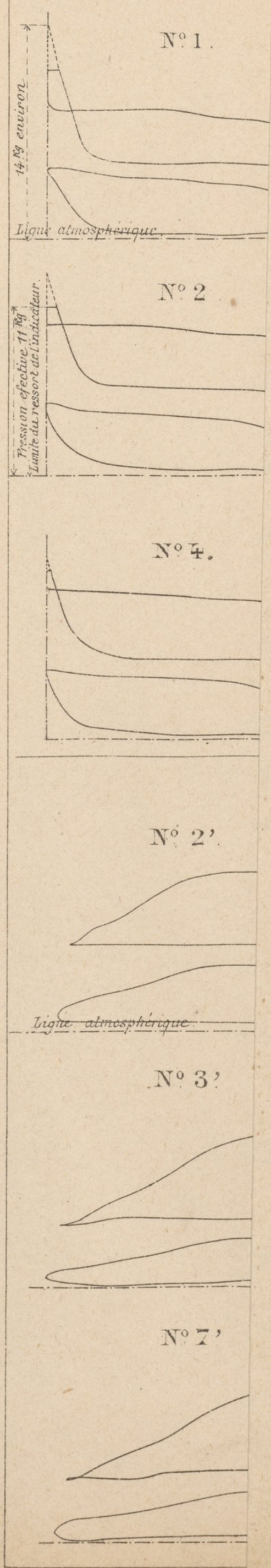


Diagrammes de démarrages relevés au train 11 du 23 Novembre 1886.



CH. DUNOD. — Éditeur, 49, quai des Augustins, Paris.

Auto. Imp. A. Broise et Courtier, 48, rue de Dunkerque, Paris. (767. 6.87.)


N° 1.
14 Kg environ
Ligne atmosphérique.
N° 2.
Pression effective 11 Kg
Limite du ressort de l'indicateur.
N° 4.
N° 2'.
Ligne atmosphérique.
N° 3'.
N° 7'