

LOCOMOTIVES COMPOUND

A GRANDE VITESSE ET A TROIS ESSIEUX COUPLÉS

DE LA COMPAGNIE PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE

Par M. Ch. BAUDRY,

INGÉNIEUR EN CHEF DU MATÉRIEL ET DE LA TRACTION.

(Pl. III à V).



La Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée vient de mettre en service des locomotives à grande vitesse d'un nouveau type à trois essieux couplés et à bogie (Pl. III, IV et V).

Ce type dérive d'ailleurs de ceux qui l'ont précédé, celui de 1894 (locomotives N^{os} C. 21 à 60) décrit dans la *Revue Générale* en mars 1896, et celui de 1900 (locomotives N^{os} C. 61 à 180) décrit dans la *Revue Générale* en août 1900.

Comme eux, il appartient au système compound, avec quatre cylindres agissant deux par deux sur deux essieux différents mais accouplés, système créé en 1888 par mon prédécesseur M. A. Henry, et dont la Compagnie P.-L.-M. a exposé deux applications en 1889.

Les locomotives P.-L.-M. de 1889 étaient caractérisées en outre par le timbre élevé de leurs chaudières (15 kg. alors que l'on ne dépassait guère jusque là 11 à 12 kg.). Dans l'esprit de M. Henry, l'élévation du timbre était liée à l'adoption du fonctionnement compound, et c'était de leur réunion qu'il attendait l'économie de combustible que l'expérience a d'ailleurs confirmée.

La répartition du travail de la machine entre deux essieux avait l'avantage de réduire les dimensions des deux mécanismes, et l'avantage plus grand encore de diminuer les surcharges sur rails causées par l'obliquité des bielles.

Enfin, l'accouplement des deux essieux moteurs était indispensable pour permettre d'équilibrer les forces d'inertie perturbatrices et de régulariser les moments moteurs au démarrage et en route.

Ces avantages sont aujourd'hui bien reconnus, et le système de M. Henry est appliqué d'une manière générale sur le réseau français. Le chemin de fer du Nord a été le premier à l'adopter après le P.-L.-M., et en le faisant sur sa locomotive à grande vitesse de 1891, il l'a associé au bogie qu'il employait depuis longtemps, et que n'avaient pas les locomotives P.-L.-M. de 1889, et il a ainsi complété le type aujourd'hui classique de la locomotive française à grande vitesse.

La première locomotive P.-L.-M. compound et à bogie est de 1892. Elle a été décrite dans la *Revue Générale* en novembre 1894. Mais sans remonter jusqu'à elle, nous ne comparerons la nouvelle locomotive qu'à celles de 1894 N^{os} 21 à 60 et de 1900 N^{os} 61 à 180, citées plus haut.

Chaudière. — Ce qui caractérise le nouveau type, c'est l'augmentation de puissance de sa chaudière, dont la surface de grille a été portée de 2^m²,48 à 3^m², la surface de chauffe de 189^m² à 221^m², le timbre de 15 à 16 kg. et le volume d'eau de 3^m³,750 à 5^m³,250.

Cinquième essieu. — Son accouplement. — L'augmentation de poids résultant de cet agrandissement de la chaudière nécessitait l'addition d'un cinquième essieu. On lui a donné le diamètre des essieux moteurs, et on l'a accouplé avec eux, pour ne pas manquer d'adhérence sur les rampes de 8^m/_m sur lesquelles les nouvelles locomotives sont appelées à remorquer les express.

Cylindres. — Comme sur les locomotives précédentes, les cylindres à haute pression sont à l'extérieur des longerons ainsi que leurs mouvements de distribution, et actionnent le quatrième essieu ; les cylindres à basse pression sont à l'intérieur ainsi que leurs mouvements de distribution et actionnent le troisième essieu ; le châssis est à l'intérieur des roues.

Tiroirs cylindriques. — Les tiroirs de distribution sont cylindriques et admettent la vapeur par l'intérieur ; des soupapes de rentrée d'air sont disposées, l'une sur le tuyau d'échappement, l'autre sur le tuyau formant réservoir intermédiaire de vapeur.

Mouvements de distribution et changement de marche. — Les mouvements de distribution sont du système Walschaërt. Le changement de marche est à déclié, du type décrit dans la *Revue Générale* en septembre 1898. Il permet d'admettre aux cylindres HP pendant 20 à 88 % de la course du piston et fixe l'admission aux cylindres BP à 63 % de la course dans tous les cas.

Calage relatif des deux essieux moteurs. — Démarrage. — L'accouplement des essieux est fait avec les manivelles des cylindres de détente à 180° de celles des cylindres d'admission, ce qui réduit au minimum l'effet des forces perturbatrices. C'est ce qui existe déjà sur les locomotives C. 61-180. Mais contrairement à ces locomotives, on a pu, malgré cet angle de calage et grâce à la grande durée d'admission 88 % aux cylindres HP, obtenir des moments moteurs au démarrage assez grands sans avoir recours à un dispositif spécial pour faire évacuer directement les cylindres HP dans l'atmosphère. Le démarrage est obtenu par l'introduction directe de vapeur vive dans le réservoir intermédiaire, au moyen d'un robinet à la main du mécanicien, comme dans les locomotives C. 21-60 dont l'angle de calage est de 135°.

Perturbations. — Le tableau suivant donne la comparaison au point de vue du lacet et du tangage des nouvelles locomotives avec les C. 21-60 et les C. 61-180. Pour les unes comme pour les autres d'ailleurs, les roues motrices ont des contrepoids qui annulent complètement les forces perturbatrices dans le sens vertical.

Bogie. — Son jeu transversal. — Le bogie ne diffère de celui des locomotives antérieures que par le jeu latéral qui a été porté de 15 ^m/_m à 34 ^m/_m. Il a été décrit dans la *Revue générale* en janvier 1894 et en août 1900 ; ses essieux sont à fusées intérieures, et ses quatre roues sont toujours également chargées, sauf la différence résultant du déplacement latéral du bogie sous la locomotive.

	LOCOMOTIVES		
	C. 21-60 (1894)	C. 61-180 (1900)	2.601-2.620 (1904)
Lacet.			
Maximum du moment produisant le lacet à la vitesse limite.....	8.090kgm	7.008kgm	8.396kgm
Amplitude, indépendante de la vitesse, du mouvement de lacet à 1 ^m du centre de gravité.....	0 ^m / _m ,416	0 ^m / _m ,296	0 ^m / _m ,220
Amplitude, indépendante de la vitesse, du mouvement de lacet au milieu du bogie	1 ^m / _m ,196	0 ^m / _m ,850	0 ^m / _m ,763
Tangage.			
Maximum de l'effort produisant le tangage à la vitesse limite.....	9.280kg	2.574kg	1.437kg
Amplitude, indépendante de la vitesse, du mouvement de tangage.....	3 ^m / _m ,300	0 ^m / _m ,820	0 ^m / _m ,365

Suspension à balanciers. — Pour régulariser la répartition des charges sur les trois essieux accouplés, leurs suspensions sont conjuguées à l'aide de balanciers.

Jeu transversal du 5^e essieu. — Pour faciliter l'inscription en courbe, les coussinets du 5^e essieu ont dans leurs boîtes un jeu de 7^m/_m de chaque côté de leur position normale; des plans inclinés, en fer cimenté et trempé, sont interposés entre les coussinets et les boîtes, et tendent constamment à ramener les coussinets, et partant les essieux, dans la position normale.

Freinage. — Tous les essieux, y compris ceux du bogie, sont munis de sabots de frein, commandés par une timonerie unique; le rapport de l'effort des sabots au poids sur rail est de 50 % pour tous les essieux.

DÉTAILS.

Après les conditions générales d'établissement de la locomotive que nous venons de résumer, il y a lieu de signaler les particularités suivantes :

Soupapes de sûreté. — Les soupapes de sûreté de la chaudière, au nombre de deux, sont à charge directe et sont placées sur le corps cylindrique.

Régulateur. — Le régulateur est à soupape équilibrée.

Echappement. — L'échappement est à cône donnant un jet central fixe et un jet en couronne de diamètre intérieur variable.

Cadre de porte du foyer. — Le cadre de porte du foyer est supprimé; la plaque en cuivre du foyer et la plaque en acier de boîte à feu présentent dans cette région des bords tombés en sens inverse, reliés l'un à l'autre par une couture de rivets.

Alimentation. — L'alimentation est assurée au moyen de deux injecteurs fixés sur le côté gauche de la boîte à feu.

Graissage. — Le graissage des cylindres est assuré par un lubrificateur Détroit, à quatre directions, soit une par boîte à vapeur.

Les coussinets de tous les essieux sont réglés et graissés exclusivement par dessous.

Sablère. — Une sablière à vapeur, type Gresham, amène le sable à l'avant des roues du quatrième essieu.

Chauffage par la vapeur. — La locomotive porte une prise de vapeur pour le chauffage du train.

TENDERS.

Les tenders destinés aux nouvelles locomotives contiennent 20^{m3} d'eau ; ils sont montés sur trois essieux et peuvent recevoir 3^t,500 de combustible. Leur poids total, en ordre de marche, est de 43.100 Kg.

Le tableau ci-après donne les dimensions principales des nouvelles locomotives, en regard de celles C. 21-60 et C. 61-180 qui les ont précédées.

	LOCOMOTIVES				
	C. 21-60 (1894)	C. 61-180 (1900)	2.601-2.620 (1904)		
Grille.					
Longueur développée	2 ^m 326	2 ^m 430	2 ^m 935		
Largeur	1,024	1,022	1,022		
Surface	2 ^{m2} ,3800	2 ^{m2} ,4800	3 ^{m2} ,0000		
Inclinaison	20°40'	17°43'	17°4'		
Foyer.					
Hauteur intérieure (comptée jusqu'au dessous du cadre) {	à l'avant	1 ^m 813	2 ^m 022	2 ^m 184	
	à l'arrière ...	1,133	1,322	1,372	
Longueur intérieure..... {	en haut	2,129	2,270	2,745	
	en bas	2,223	2,327	2,802	
Largeur intérieure..... {	en haut	1,087	1,238	1,208	
	en bas	1,024	1,022	1,022	
Épaisseur du cuivre... {	des parois latérales et plaque d'arrière	0,014	0,014	0,014	
	de la plaque tubulaire... {	aux tubes.....	0,025	0,025	0,025
		en bas.....	0,014	0,014	0,014
Tubes (à ailettes).					
Nature du métal.....	acier	acier.	acier.		
Nombre.....	133	150	138		
Diamètre extérieur	0 ^m 065	0 ^m 065	0 ^m 070		
Épaisseur	0,0025	0,0025	0,0026		
Nombre d'ailettes à chaque tube	8	8	8		
Hauteur des ailettes.....	0 ^m 012	0 ^m 012	0 ^m 013		
Épaisseur moyenne des ailettes.....	0,0025	0,0025	0,00287		
Longueur entre les plaques tubulaires	3,000	3,400	4,000		

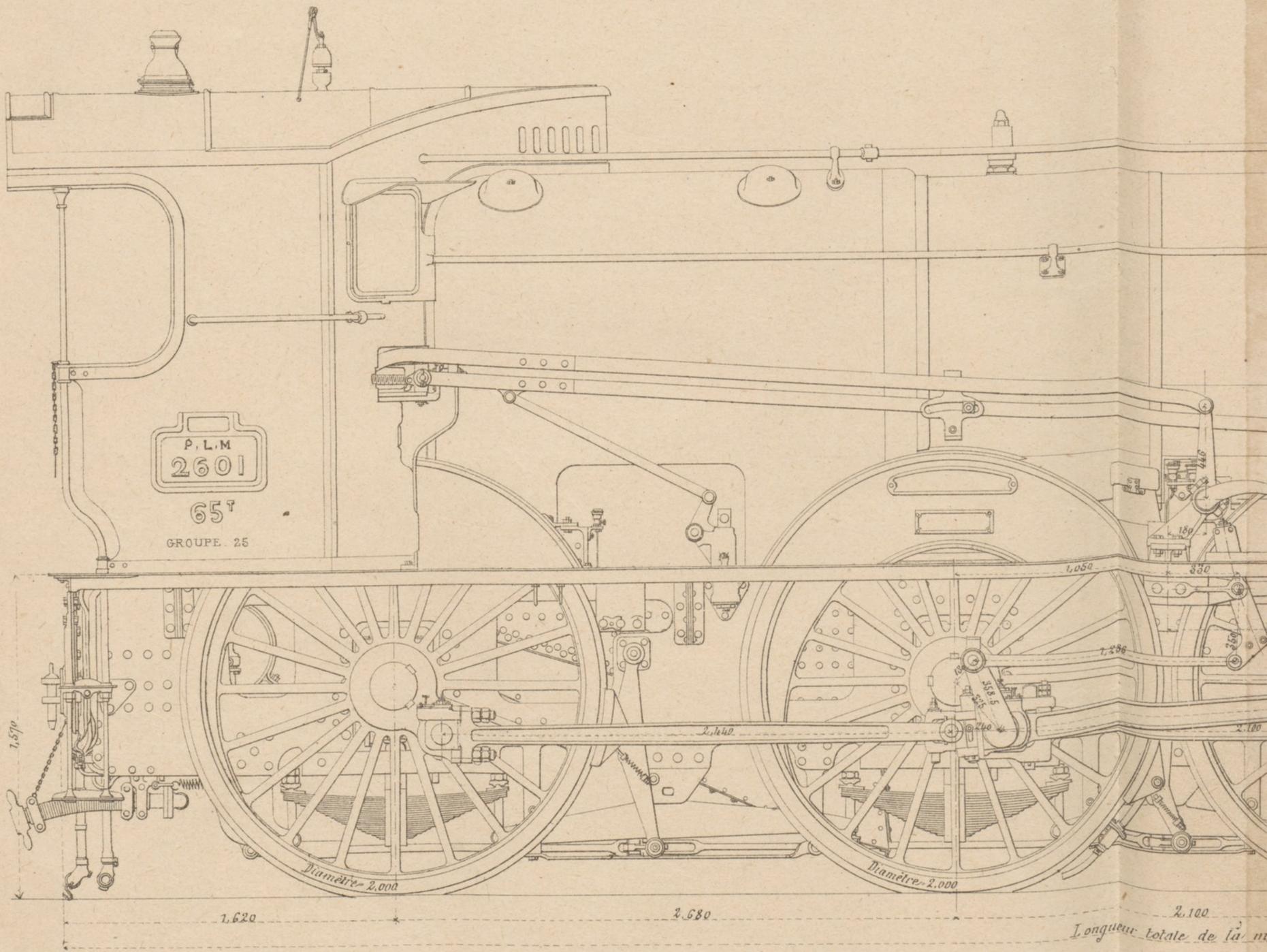
		LOCOMOTIVES		
		C. 21-60 (1894)	C. 61-180 (1900)	2.601-2.620 (1904)
Surface de chauffe.				
Foyer (comptée au-dessus de la grille).....	F	10m ^q 02	12m ^q 53	15m ^q 42
Tubes (développement intérieur y compris l'épaisseur des plaques tubulaires).....	T	138, 05	176, 98	205, 75
Totale.....	S	148, 07	189, 51	221, 17
Rapport de la surface des tubes à celle du foyer.....	$\frac{T}{F}$	13, 77	14, 12	13, 34
Rapport de la surface totale à celle de la grille.....	$\frac{S}{G}$	62, 21	76, 41	73, 72
Chaudière.				
Longueur extérieure de la boîte à feu.....		2 ^m 400	2 ^m 538	3 ^m 020
Largeur extérieure de la boîte à feu.....	} en haut.....	1,340	1,590	1,560
		1,200	1,194	1,194
Diamètre intérieur de la grande virole du corps cylindrique.....		1,320	1,440	1,500
Diamètre intérieur de la virole conique.....		1,363	»	»
Longueur du corps cylindrique.....		2,890	3,290	3,883
Épaisseur des tôles du corps cylindrique.....		0,0145	0,0155	0,017
Épaisseur des tôles de la virole conique.....		0,015	»	»
Nature du métal des tôles du corps cylindrique.....		acier,	acier	acier
Longueur intérieure de la boîte à fumée.....		1 ^m 560	1 ^m 560	2 ^m 100
Diamètre intérieur de la boîte à fumée.....		1,349	1,471	1,534
Du dessus du rail à l'axe de la chaudière.....		2,250	2,470	2,600
Du dessus du rail au-dessous du cadre du foyer à l'avant.....		0,680	0,680	0,680
Volume d'eau avec 0 ^m ,100 au-dessus du ciel du foyer.....		2 ^{mc} 860	3 ^{mc} 750	5 ^{mc} 250
Volume de vapeur.....		2,370	2,800	3,320
Capacité totale de la chaudière.....		5,230	6,550	8,570
Timbre de la chaudière.....		15 kg	15 kg	16 kg
Cheminée.				
Diamètre intérieur de la cheminée.....		0 ^m 540	0 ^m 540	haut 0 ^m 540 bas 0,450
Diamètre du noyau central de la cheminée.....		0,270	0,270	»
Hauteur du dessus de la boîte à fumée au-dessus de la cheminée.....		1,3295	1,0465	0,885
Hauteur du dessus du rail au-dessus de la cheminée.....		4,260	4,260	4,260
Sections de passage d'air.				
A travers la grille.....	0,500 G.	1m ^q 19	1m ^q 24	1m ^q 50
A travers les tubes aux viroles de la boîte à feu.....	t.	0,2569	0,2923	0,3248
A travers les tubes au milieu.....		0,3431	0,387	0,4128
Section intérieure libre de la cheminée.....	c.	0,1718	0,1718	0,1590
Rapport.....	$\frac{t.}{c.}$	1,49	1,70	2,08
Châssis.				
Écartement intérieur des longerons.....		1 ^m 240	1 ^m 234	1 ^m 234
Épaisseur des longerons.....		0,025	0,028	0,028
Largeur extérieure du tablier.....	} à l'avant.....	2,500	2,500	2,500
		2,900	2,900	2,900
Longueur de la machine à l'extrémité des tampons.....		9,895	10,245	11,970

		LOCOMOTIVES		
		C. 21-60 (1894)	C. 61-180 (1900)	2.601-2.620 (1904)
Écartement des essieux.....	1 ^{er} et 2 ^e	2,000	2,000	2,000
	2 ^e et 3 ^e	2,200	2,250	1,750
	3 ^e et 4 ^e	2,700	3,000	2,100
	4 ^e et 5 ^e	»	»	2,680
	extrêmes.....	6,900	7,250	8,530
Roues montées et Essieux.				
Diamètre des roues.....	1 ^{er} essieu.....	1,000	1,000	1,000
	2 ^e essieu.....	1,000	1,000	1,000
	3 ^e essieu.....	2,000	2,000	2,000
	4 ^e essieu.....	2,000	2,000	2,000
	5 ^e essieu.....	»	»	2,000
Jeu latéral de chaque côté de la machine	du bogie.....	0,016	0,016	0,035
	des essieux accouplés.....	0,001	0,001	3 ^e et 4 ^e essieux 0,001 5 ^e essieu 0,008
Écartement intérieur des bandages.....		1,360	1,360	1,360
Mouvement				
Nombre des cylindres.....	admission.....	2	2	2
	détente.....	2	2	2
Diamètre des cylindres.....	admission.....	0 ^m 340	0 ^m 340	0 ^m 340
	détente.....	0,540	0,540	0,540
Course des pistons.....	admission.....	0,620	0,620	0,650
	détente.....	0,620	0,620	0,650
Section des cylindres.....	admission.... C	0 ^m 0907	0 ^m 0907	0 ^m 0907
	détente.... C'	0,2290	0,2290	0,2290
Volume d'une cylindrée.....	admission.....	0 ^m c056	0 ^m c056	0 ^m c059
	détente.....	0,142	0,142	0,149
Écartement d'axe en axe des cylindres.....	admission.....	2 ^m 140	2 ^m 140	2 ^m 140
	détente.....	0,590	0,590	0,590
Longueur des bielles motrices.....	admission.... L	2,350	2,650	3,000
	détente.... L'	1,840	1,990	1,790
Rayon des manivelles.....	admission. R	0,310	0,310	0,325
	détente... R	0,310	0,310	0,325
Rapport de la longueur des bielles aux manivelles....	admission. $\frac{L}{R}$	7,58	8,55	9,23
	détente... $\frac{L'}{R}$	5,93	6,42	5,51
Avance des manivelles des cylindres de détente sur celles des cylindres d'admission.....		135°	180°	180°
Distribution.				
Type de la distribution.....	admission.....	Walschaert	Walschaert	Walschaert
	détente.....	Gooch	Gooch	d°
Type du tiroir.....	admission.....	à double admission	à double admission	cylindrique
	détente.....			
Tiroir plan.....	Largeur.....	admission.....	0 ^m 310	0 ^m 330
		détente.....	0,400	0,480
	Longueur.....	admission.....	0,264	0,264
		détente.....	0,327	0,326
Surface.....	admission.....	0 ^m 0818	0 ^m 0871	
	détente.....	0,1308	0,1565	
Tiroir cylindrique.....	Diamètre.....	admission.....	»	0 ^m 200
		détente.....	»	0,280

		LOCOMOTIVES			
		C. 21-60 (1894)	C. 61-180 (1900)	2.601-2.620 (1904)	
Course maxima du tiroir.....	admission.....	0 ^m 122	0 ^m 122	0 ^m 145	
		détente.....	0,150	0,125	0,125
Recouvrement à l'admission. {	avant.....	admission.....	0,026	0,026	0,019
		détente.....	0,0345	0,034	0,034
	arrière.....	admission.....	0,026	0,026	0,019
		détente.....	0,0345	0,034	0,034
Recouvrement à l'échappement.....	admission.....	0,000	0,000	— 0,003	
	détente.....	0,000	0,000	0,000	
Introduction moyenne maxima sur les 2 faces du piston %.	admission.....	72,5	74,0	87,95	
	détente.....	74,5	63,0	63,0	
Angle d'oscillation de la coulissè.....	admission.....	34°	34°13'	47°45'	
	détente.....	41°45'	40°52'	40°30'	
Sections de passage de vapeur.					
Largeur des lumières.....	admission.....	0 ^m 240	0 ^m 260	0 ^m 340	
	détente.....	0,330	0,410	0,544	
Section des lumières d'admission.....	admission..... A	0 ^m 0086	0 ^m 0094	0 ^m 0139	
	détente..... A'	0,0161	0,0200	0,0267	
Section des lumières d'échappement.....	admission..... E	0,0192	0,0208	0,0139	
	détente..... E'	0,0330	0,0410	0,0267	
Tuyau d'admission.....	admission..... a	0,0095	0,0095	0,0113	
	détente..... a'	0,0154	0,0177	0,0177	
Tuyau d'échappement.....	admission..... e	0,0154	0,0177	0,0177	
	détente..... e'	0,0231	0,0247	0,0314	
Rapports.....	C/A admission.....	10,55	9,7	6,52	
	C'/A' détente.....	14,22	11,45	8,58	
	C/E admission.....	4,72	4,36	6,52	
	C'/E' détente.....	6,939	5,58	8,58	
	C/a admission.....	9,55	9,55	8,03	
	C'/a' détente.....	14,87	12,96	12,96	
	C/e admission.....	5,89	5,13	5,13	
	C'/e' détente.....	9,91	9,27	7,29	
Échappement variable.					
Section pour l'ouverture maxima.....		0 ^m 0200	0 ^m 0200	0 ^m 0310	
Section pour l'ouverture minima.....		0,0060	0,0060	0,0087	
Réservoir intermédiaire de vapeur.					
Volume.....		0 ^m c250	0 ^m c270	0 ^m c140	
Poids.					
Machine vide.....		47.290 kg.	52.330 kg.	65.200 kg.	
Machine en ordre de marche.....	1 ^{er} essieu.....	9.320	11.000	10.075	
	2 ^e essieu.....	9.320	11.000	10.075	
	3 ^e essieu.....	15.850	17.190	16.850	
	4 ^e essieu.....	15.960	17.190	16.850	
	5 ^e essieu.....	»	»	16.850	
Total.....		50.450	56.380	70.700	
Poids suspendu.....		37.720	43.470	53.310	
Poids non suspendu.....		12.730	12.910	17.390	
Poids adhérent.....		31.810	34.380	50.550	

LOCOMOTIVE COMPOUND A 3

Ensemble



MOTIVE COMPOUND A 3 ESSIEUX COUPLÉS A BOGIE

Ensemble - Elevation

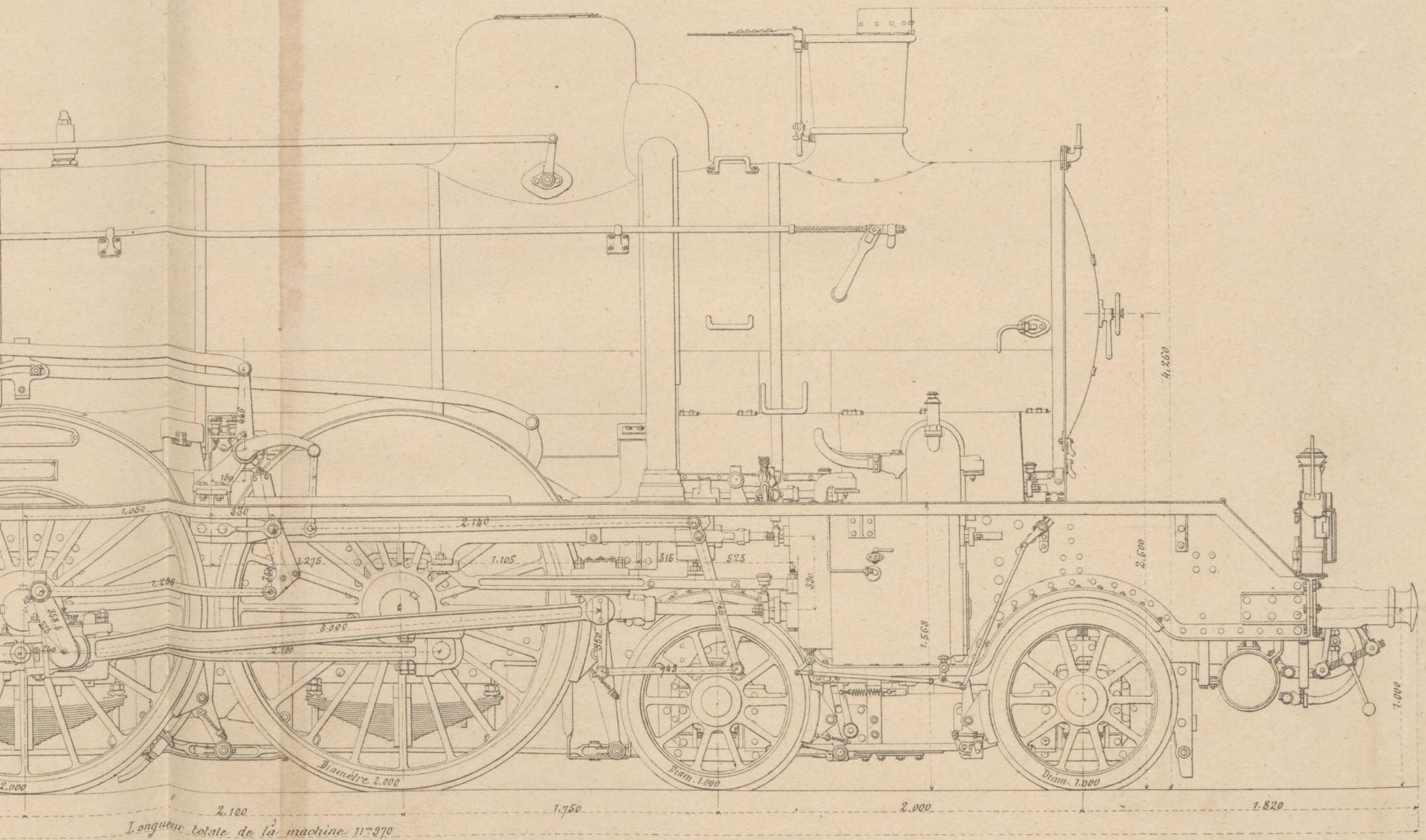
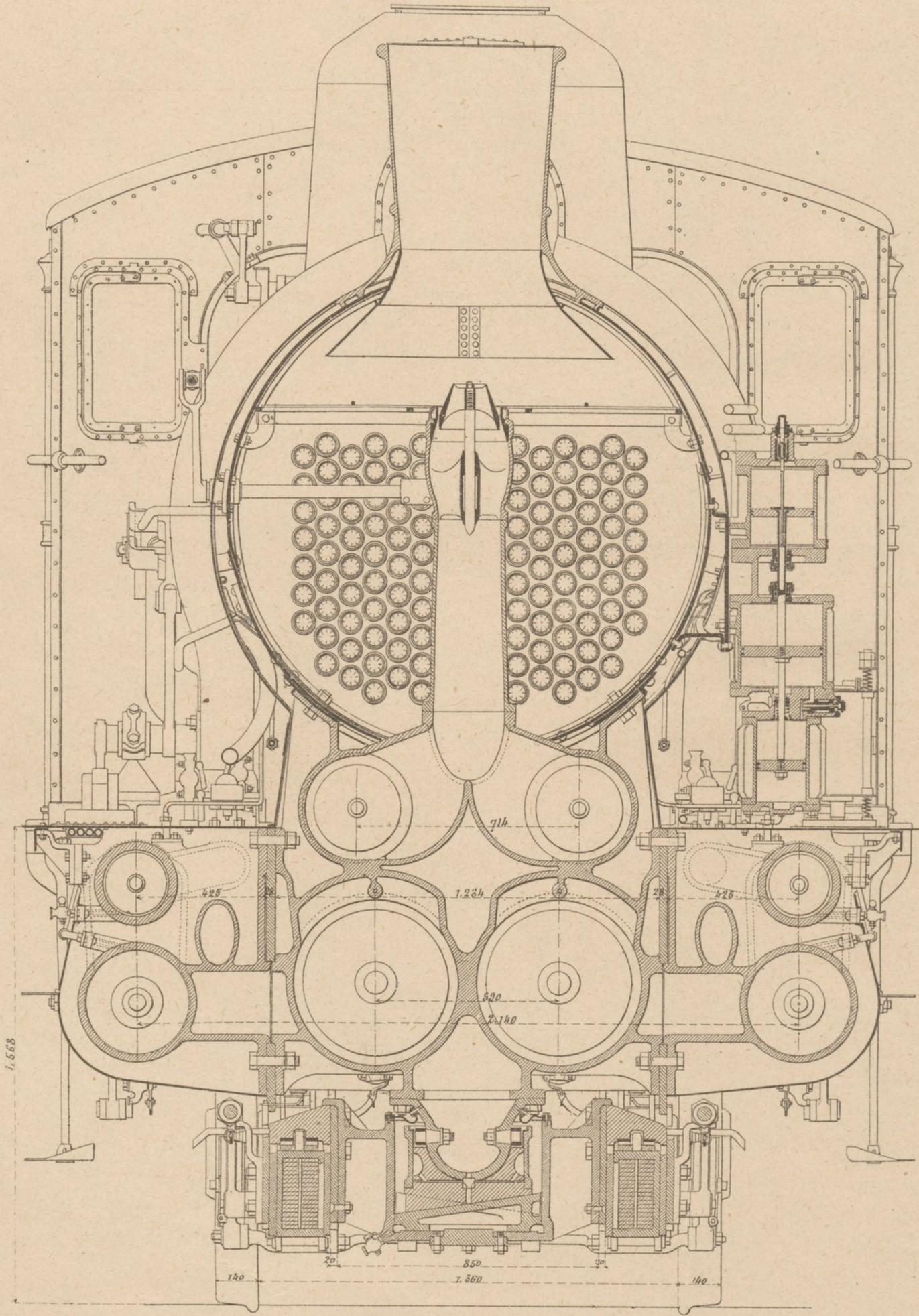


Fig. 1 - Coupe transversale
par l'axe de la cheminée et du bogie



COMPOUND A 3 ESSIEUX COUPLÉS A BOGIE

Fig. 2 - Arrière - Vue par bout

