
L'ÉCHAPPEMENT ANNULAIRE, SYSTÈME ADAMS.

(VORTEX BLAST-PIPE)

Par M. R. BONNIN,

INGÉNIEUR.

(Pl. XV).

Dans les locomotives l'appel d'air nécessaire à la combustion du charbon dans la boîte à feu, est produit par l'échappement de la vapeur des cylindres; cet échappement se fait par une tuyère dont l'orifice se trouve dans la boîte à fumée et, en général, dans le voisinage de la rangée supérieure des tubes.

Par suite de la position de cette tuyère et aussi, par suite de la température élevée, et, par conséquent, de la légèreté des gaz chauds résultant de la combustion, ces derniers tendent, pour se rendre de la boîte à feu à la cheminée, à parcourir les rangées supérieures des tubes au détriment des rangées inférieures. Ajoutant à cela, qu'à cause des petites voûtes en briques qu'on établit actuellement dans les boîtes à feu (1), afin d'obtenir un mélange plus complet des gaz avec l'air, et, par suite, une combustion plus complète, les gaz chauds sont obligés de suivre, pour atteindre les tubes inférieurs de la chaudière, une marche descendante, opposée à leur tendance naturelle, il en résulte, qu'au bout de très peu de temps, les rangées inférieures des tubes sont obstruées par les cendres et les escarbilles et que les rangées supérieures seules servent au passage des gaz chauds et à la production de la vapeur.

Des expériences exécutées il y a quelques années en Amérique, ont confirmé ce fait; en tamponnant 15 % des tubes, à la partie inférieure, la production primitive de la vapeur n'était diminuée que de 1 %, toutes les autres conditions de marche étant les mêmes.

Il résulte de cette obstruction des tubes inférieurs de la chaudière deux choses. D'abord une diminution du calorimètre, c'est-à-dire de la surface

(1) Voir dans la *Chronique* du N° de Septembre 1884, p. 183, la nomenclature des foyers avec voûtes, employés en Europe et aux États-Unis, en vue de la fumivorté et de l'économie de combustible. Voir également la locomotive des chemins de fer de l'État Suédois, donnée par M. BURON dans le N° de Janvier 1888, p. 15.

d'écoulement des gaz chauds, et, par conséquent, une augmentation de vitesse de ces gaz dans les tubes supérieurs ; de là production des étincelles qu'il faut arrêter au bas de la cheminée et diminution d'efficacité des tubes, puisque les gaz chauds restent moins longtemps en contact avec les tubes ont moins de temps pour y abandonner leur chaleur. Ensuite diminution considérable de la surface des tubes et, par conséquent aussi, diminution de production de vapeur et de rendement de la chaudière. Ces deux inconvénients se traduisent naturellement par une augmentation de consommation de combustible pour obtenir une même production de vapeur.

Les Américains, afin d'obvier à cet inconvénient de l'obstruction des tubes inférieurs, ont imaginé, il y a quelques années déjà, le *petticoat* (jupon) (1). L'échappement de la vapeur se fait à la partie inférieure de la boîte à fumée et cette vapeur, en s'échappant, pénètre à la partie inférieure d'un tube de gros diamètre, ouvert à ses deux extrémités, et dont l'ouverture inférieure, placée au niveau des tubes du bas de la chaudière, est plus grande que l'ouverture supérieure qui débouche dans la cheminée.

Il résulte évidemment de cette disposition que l'appel des gaz chauds se fait à la partie supérieure et à la partie inférieure du gros tube ; le tirage se trouve donc mieux réparti et les gaz chauds, dans leur parcours de la boîte à feu à la boîte à fumée, traversent *tous* les tubes de la chaudière. Cet appareil, très répandu en Amérique, a été accueilli avec peu de faveur en Europe et n'a été appliqué qu'à quelques machines Fairlie, à quelques machines Irlandaises et Russes et, dans ces temps derniers, à une machine à grande vitesse Italienne (Voir note 1). Il diminue la consommation de combustible, mais il a le grave inconvénient d'occuper une place considérable dans la boîte à fumée et de gêner le nettoyage des tubes et de la chaudière.

M. Adams, Ingénieur en chef de la traction à la Compagnie du *London and South-Western Railway* en Angleterre, et M. Henry Adams, Professeur de mécanique au *City of London College*, ont appliqué un appareil beaucoup plus simple et qui remplit exactement le même but ; c'est cet appareil auquel il a été donné le nom de « *Vortex blast pipe* », échappement à tourbillon, que nous allons décrire (2).

(1) *Revue générale*, N° de Septembre 1880, p. 258, article de M. G. RICHARD sur la *Construction des locomotives*. — N° d'Août 1884, *Locomotive des chemins de fer de la Haute-Italie*, par M. FRESCOT.

(2) Le même principe sert de base à un brevet pris à Paris en Avril 1843 (N° 9377) par M. Feld de Bruxelles, qui avait imaginé un système d'échappement théoriquement analogue, ayant même la propriété d'être variable. M. Adams a eu la même idée première, l'a développée, transformée et en a fait immédiatement de nombreuses applications pratiques.

DESCRIPTION.

Dispositions primitives (Pl. XV, Fig. 1). — Cet appareil se compose (Fig. 1) d'un gros tube en fonte A, B, C, D, boulonné à la partie supérieure de la boîte à tiroir, placée entre les deux cylindres, à la sortie de l'échappement. A l'intérieur de ce tube, et venu de fonte avec lui, se trouve un autre tube *a, b, c, d*, destiné à l'écoulement des gaz chauds, dont l'extrémité inférieure *c, d* se termine par une ouverture en forme de trompe, placée en face des rangées des tubes inférieurs; l'extrémité supérieure *a, b* de ce même tube est concentrique au premier ABCD et laisse un espace annulaire entre les deux tubes, espace par où s'échappe la vapeur venant des cylindres. Dans cette disposition la partie supérieure de la tuyère est placée un peu au-dessus de la rangée supérieure des tubes de la chaudière, et les bords intérieurs de l'espace annulaire par où s'écoule la vapeur sont inclinés de manière à se rencontrer à une hauteur de 0^m,356 au-dessus de l'orifice de la tuyère, c'est-à-dire à l'orifice inférieur de la cheminée. Le diamètre du tube intérieur est de 0^m,102 et l'espace annulaire de 0^m,021. La surface de l'échappement fixe est de 94^{c. q.},34 et la surface du tuyau d'appel d'air de 81^{c. q.},71; soit un rapport de $\frac{94,34}{81,71} = 1,16$. On voit que, par cette disposition, l'échappement de la vapeur égalisera le passage des gaz chauds à travers tous les tubes de la chaudière, aussi bien dans les rangées supérieures que dans les rangées inférieures.

La disposition que nous venons de décrire s'applique aux locomotives à marchandises à cylindres intérieurs du *London and South-Western-Railway* (1); la Fig. 2 s'applique aux machines express à cylindres extérieurs de la même Compagnie (2). On voit que le principe est le même; les deux tuyaux A et B d'échappement de la vapeur viennent se réunir dans une boîte C, disposée comme celle que nous avons décrite; elle est formée d'un espace annulaire *aa* pour l'écoulement de la vapeur et d'un espace cylindrique intérieur *b*, pour l'écoulement des gaz chauds, appelés des rangées inférieures des tubes par la trompe D dont l'ouverture est placée en face de ces tubes. Le diamètre du

(1) Dimensions principales de la machine :	{	Diamètre de l'ancien échappement... = 0 ^m ,121.
		Cylindres { Diamètre..... = 0 ^m ,445.
		{ Course..... = 0 ^m ,660.
		Pression effective dans la chaudière.. = 9kg.80.
		Diamètre des roues motrices..... = 1 ^m ,55.

(2) Dimensions principales de la machine :	{	Diamètre de l'ancien échappement... = 0 ^m ,121.
		Cylindres { Diamètre..... = 0 ^m ,457.
		{ Course..... = 0 ^m ,610.
		Diamètre des roues motrices..... = 2 ^m ,010.
		Pression effective dans la chaudière.. = 11kg.20.

tube d'appel d'air est de 0^m,127 et l'espace annulaire de 0^m,021. La surface de l'échappement fixe est de 110^{c.q.},83 et la surface du tuyau d'appel de 126^{c.q.},68 soit un rapport de $\frac{110,83}{126,68} = 0,87$. Comme pour la machine à marchandises l'orifice de la tuyère est un peu au-dessus de la rangée des tubes supérieurs et les lèvres intérieures de l'espace annulaire sont inclinées de manière à se rencontrer à 0^m,356 au-dessus de l'orifice de la tuyère, comme dans le cas précédent. L'égalisation du tirage dans tous les tubes de la chaudière est donc également obtenu dans ce cas.

Le « *Vortex Blast pipe* », tel que nous venons de le décrire, a commencé à être appliqué sur les machines du *London and South-Western-Railway* à la fin de 1885 ; les résultats ont été très satisfaisants et ont donné une diminution importante dans la consommation de charbon. Cependant, on a remarqué, que le tuyau intérieur d'aspiration des gaz et qui se termine en forme de trompe, produisait dans les tubes inférieurs un tirage souvent exagéré, par rapport aux tubes supérieurs, et qu'avec certains charbons, le feu était arraché sur la grille. On a remarqué également que la forme donnée aux tuyaux d'échappement de vapeur pour les machines à cylindres extérieurs, indiquée sur la Fig. 2, était défavorable à l'appel des gaz chauds ; la longueur de la partie verticale *m*, *n*, du tuyau d'échappement était insuffisante et le jet de vapeur insuffisamment dirigé dans l'axe de la cheminée ; de là production de remous à l'orifice inférieur de celle-ci. Enfin, on a remarqué, ce qui, du reste, avait déjà été établi en 1850 par les expériences de Peacock (1), que le maximum de production de vapeur avait lieu, lorsque le niveau supérieur de la tuyère se trouvait exactement au niveau de la rangée supérieure des tubes.

Dispositions actuelles. (Pl. XV, Fig. 3). — A la suite de ces observations et après de nombreux essais, MM. Adams sont arrivés à modifier leur appareil et à lui donner la forme définitive indiquée Fig. 3, qui s'applique aux locomotives à marchandises à cylindres intérieurs du *London and South-Western-Railway* (2). Les deux tuyaux d'échappement A et B des cylindres se réunissent en une partie cylindrique annulaire C qui entoure la partie cylindrique D par où s'échappent les gaz chauds venant des tubes inférieurs. La partie E, qui se trouve au-dessous de l'espace annulaire, et placée en face des rangées inférieures des tubes, est complètement ouverte sur la face avant, contrairement à ce qui avait lieu dans la première disposition avec le tube en forme

(1) D. K. Clark. — *Railway Machinery*, p. 133.

(2) Les dimensions de ces machines sont les mêmes que celles indiquées plus haut. (Note 1, p. 231).

de trompe ; l'action du tirage se trouve mieux égalisée entre les tubes inférieurs et supérieurs de la chaudière, et il n'y a plus à craindre d'arracher le feu sur la grille. L'orifice supérieur de la tuyère est placé au niveau de la rangée supérieure des tubes et, enfin, une moins grande inclinaison est donnée aux parois et à l'orifice de l'espace annulaire par où s'échappe la vapeur, afin d'obtenir une meilleure direction du jet de vapeur dans la cheminée, et d'éviter ainsi les remous à l'orifice inférieur de celle-ci qu'on remarquait dans la première disposition.

La Fig. 4 donne la disposition nouvelle pour les machines express à cylindres extérieurs de cette même Compagnie (1). On voit encore ici qu'outre la suppression du tuyau d'appel des gaz en forme de trompe, les tuyaux d'échappement A et B sont disposés comme dans le cas des machines à cylindres intérieurs ; ils ont une plus grande longueur dans le sens vertical que dans la première disposition, ce qui donne à la vapeur d'échappement une meilleure impulsion ; en même temps, on leur donne une faible inclinaison sur la verticale, de manière à faire disparaître les remous à l'orifice inférieur de la cheminée. Afin d'éviter la contre-pression qui pourrait se produire dans les cylindres, par suite des coudes F et G du tuyau d'échappement, on augmente la surface intérieure d'écoulement de ces tuyaux. Enfin l'orifice supérieur de la tuyère est placé au niveau de la rangée supérieure des tubes. Le diamètre de l'orifice d'échappement des gaz est de 0^m,102 et l'espace annulaire de 0^m,021. La surface de l'échappement fixe est de 94^c.34 et celui de l'appel des gaz de 81^c.71 ; soit un rapport de $\frac{94,34}{81,71} = 1,16$. Les dimensions sont les mêmes pour la machine à marchandises. La rencontre des parois extérieures de l'espace annulaire se fait à 0^m,572 au-dessus de la tuyère dans les deux machines.

Dans ces deux machines, la partie inférieure de la cheminée est élargie de manière à faciliter l'entrée du mélange de la vapeur et des gaz chauds.

Les Fig. 5 et 6 donnent les dispositions du « *Vortex Blast pipe* » sur les machines à cylindres intérieurs et à cylindres extérieurs de la C^{ie} du chemin de fer du Nord, où cet appareil est à l'essai depuis quelque temps. On remarquera dans ces deux machines la disposition de la partie inférieure de la cheminée, disposition qui facilite l'entrée des gaz dans celle-ci.

Enfin la Fig. 7 indique l'installation du « *Vortex* » sur une machine à cylindres extérieurs de la Société des Chemins de fer de l'Etat Autrichien.

(1) Principales dimensions de la machine :	{	Diamètre de l'échappement primitif.....	= 0 ^m ,111.	
		Cylindres {	Diamètre	= 0 ^m ,445.
			Course	= 0 ^m ,660.
		Pression effective	= 11 ^{kg} .20	
		Diamètre des roues motrices.....	= 2 ^m 01.	

Le « *Vortex* » est également installé sur cinquante machines du Caledonian Railway (1), et sur vingt-cinq locomotives, tant à voyageurs qu'à marchandises du London, Brighton & South Coast Railway (2).

En résumé, le « *Vortex Blast pipe* » fait concourir tous les tubes de la chaudière à la production de la vapeur, en empêchant l'obstruction des tubes inférieurs; il donne un échappement très doux, tout en conservant l'échappement annulaire, qui a l'avantage d'augmenter les surfaces de contact entre la vapeur et les gaz, et, par conséquent, de produire un tirage plus efficace. Enfin, et comme conséquence de ces faits, il diminue la consommation de combustible pour un même effort, comme il résulte des tableaux suivants, qui sont le résultat de relevés faits pendant plusieurs années au London et South-Western Railway.

RÉSULTATS
D'EXPÉRIENCES.

Le premier tableau est le résumé des expériences faites en 1886, pour comparer la consommation de charbon des locomotives, munies de l'échappement ordinaire, avec celle des locomotives munies de l'échappement « *Vortex*; » ces expériences ont duré deux mois et demi. On voit que l'économie moyenne a été de 11,23 % avec l'échappement « *Vortex*. »

TABLEAU I.

Expériences faites sur des trains de marchandises entre Nine Elms, Yeovil et Exeter, pendant une durée de dix semaines finissant le 19 Mai 1886.

NUMÉROS DES MACHINES.	ÉCHAPPEMENT		KILOMÈTRES PARCOURUS.	MOYENNE PAR MACHINE.		ÉCHAPPEMENT ordinaire ou <i>Vortex</i> .	MOYENNES	
	diamètre du tuyau intérieur.	diamètre de l'échap- pement.		Nombre de wagons par train.	Consom- mation de charbon par kilom.		Nombre de wagons par train.	Consom- mation de charbon par kilom.
174	"	m. 0,124	15.022	29,3	kg. 9,4	Ordinaire	29,0	kg. 9,3
499	"	0,124	14.577	30,1	9,6			
500	"	0,124	16.148	28,0	9,4			
504	"	0,124	15.139	28,1	9,1			
510	"	0,124	11.937	29,9	9,1			
400	m. 0,152	Espace annulaire. 0,0159	14.901	29,8	kg. 8,6	<i>Vortex</i>	30,7	8,7
496	0,152	0,0159	14.865	30,4	8,8			
497	0,127	0,0190	14.835	31,6	9,0			
498	0,102	0,0222	14.719	32,9	8,5			
502	0,127	0,0190	14.518	28,8	8,7			

NOTA. — En ramenant la charge moyenne, remorquée par les machines munies de l'échappement ordinaire, à celle remorquée par les machines munies de « *Vortex Blast pipe* », la consommation de charbon par kilomètre aurait été de 9 kg, 8 et on aurait obtenu une économie de charbon de 1 kg, 1 soit 11,23 %.

(1) *Revue Générale des Chemins de fer*. N° de Janvier 1887, p. 36.

(2) Les locomotives du London Brighton & South Coast Railway ont été décrites dans le N° de Mars 1886 de la *Revue Générale*, p. 186.

Le tableau II indique, par section de ligne, la consommation de charbon par kilomètre de train en 1887, comparée à la consommation correspondante en 1885; ce tableau donne cette comparaison pour les trains de voyageurs et pour les trains de marchandises. La dernière colonne donne en tant pour cent l'économie obtenue en 1887, par suite de l'emploi du « *Vortex* » sur un certain nombre de machines (9 machines en 1885 sur un total de 505 machines et 230 en 1887 sur un total de 529 machines).

TABLEAU II.

Tableau comparatif de la consommation de charbon en Septembre 1885 et en Juin 1887.

SERVICE DES TRAINS.	CONSOMMATION moyenne par kil ^{re} .		ÉCONOMIE de charbon par kil ^{re} . en 1887.	
	1885.	1887.		
	kg.	kg.	kg.	en %.
Waterloo, Southampton et Salisbury..... Voyageurs.....	8,7	8,0	0,7	8,0
Id. et Portsmouth..... Id.	8,6	7,7	0,9	10,4
Nine Elms et Yeovil..... Marchandises..	9,8	9,2	0,6	6,1
Lignes principales..... Id. ..	10,1	8,8	1,3	12,9
Portsmouth, Reading et Brent..... Id. ..	9,8	8,5	1,3	13,2

NOTA. — En Septembre 1885 il n'y avait que 9 machines munies du *Vortex* sur 505 locomotives, tandis que en Juin 1887, il y avait 230 machines munies du " *Vortex* " sur un total de 529 machines.

Enfin, le tableau III est le résumé, par semestre, depuis le 30 Juin 1885 jusqu'au 30 Juin 1888, des économies obtenues, par suite de l'augmentation successive de l'application du « *Vortex* » aux locomotives du réseau du L. and S. W. Railway. Ce tableau montre qu'au 30 Juin 1885, époque à laquelle aucune machine n'était munie du « *Vortex*, » la consommation moyenne de charbon par train-kilomètre était de 11^{kg.},27, tandis qu'au 30 Juin 1888, époque à laquelle un peu plus de la moitié des machines du réseau en était munie, cette même consommation kilométrique était réduite à 10^{kg.},32, ce qui, comparé à la consommation de 1885, donne une économie moyenne de 8,4^o/_o. Cette diminution de la consommation kilométrique se traduit, pour le 1^{er} semestre 1888, par une économie totale de 8.857 tonnes de charbon, ce qui représente une économie en argent de 153.550^{fr.}, ou 307.100^{fr.} pour l'année entière, pour une dépense moyenne totale annuelle de charbon de 1.700.000^{fr.} D'après ce tableau, l'économie totale obtenue par l'emploi du « *Vortex*, » depuis son introduction en 1885 jusqu'au 30 Juin 1888, se chiffrerait par un total de 596,675^{fr.}

TABLEAU III.

SEMESTRES finissant en :	Nombre de machines munies du Vortex.	Nombre de machines munies de l'échappent ordinaire.	Nombre total de machines.	Nombre total de trains-kilomètres.	Consommation de charbon par train- kilomètre	Consommation totale de charbon.	Prix moyen de la tonne de charbon.	Dépense totale de charbon.	Économie totale par semestre, rapportée à la consommation du semestre finissant en juin 1885.	
									en tonnes.	en argent.
30 juin 1885	0	505	505	8.954.588	kg. 11.3	tonnes. 100.246	fr. 1.805.650		tonnes. "	fr. "
31 décembre 1885	9	496	505	9.338.524	11.1	103.310	1.883.175	1.295	22.450	
30 juin 1886	49	492	541	8.874.296	10.8	95.905	1.711.325	3.447	59.750	
31 décembre 1886	147	389	536	9.567.657	10.6	101.368	1.721.775	5.840	101.250	
30 juin 1887 ..	230	299	529	9.108.252	10.5	95.821	1.604.100	6.065	105.150	
31 décembre 1887	253	281	534	9.736.510	10.4	100.158	1.679.150	8.914	154.525	
30 juin 1888	278	256	534	9.389.673	10.3	96.356	1.616.500	8.857	153.550	
Moyenne.....								1.717.382	Total ...	596.675

Avant de terminer, il est utile de parler également d'une autre économie, qui est la conséquence de l'emploi du « *Vortex*. » Le rendement de la chaudière augmentant, comme nous l'avons expliqué, il en résulte une production plus régulière de la vapeur, et une plus grande facilité pour maintenir la pression maximum, lorsque la machine doit développer sa plus grande puissance.

Cet avantage est confirmé par le fait de la diminution considérable du pilotage des trains de marchandises depuis l'application du « *Vortex*. » aux machines du L. and S. W. Railway.

Le tableau suivant indique cette diminution. En 1877, le nombre de kilomètres parcourus en double traction était de 3,67 et 4,10 % du nombre total de kilomètres parcourus, tandis que, en 1888, où la moitié environ des machines est munie du « *Vortex*, » ce rapport n'est plus que de 0,90 %; c'est une nouvelle économie qui vient s'ajouter à la première.

SEMESTRE FINISSANT EN :	TRAINS kilomètres. 2.	NOMBRE DE KILOMÈTRES parcourus avec le Pilote. 3.	% des colonnes 2-3.
Juin 1877.....	6.762.031	249.131	3,67
Décembre 1877	7.218.123	295.748	4,10
Décembre 1887	9.736.510	125.483	1,29
Juin 1887.....	9.389.671	84.265	0,90

Fig. 1. Locomotive à marchandises à cylindres intérieurs de la C^{ie} du London and South-Western Railway

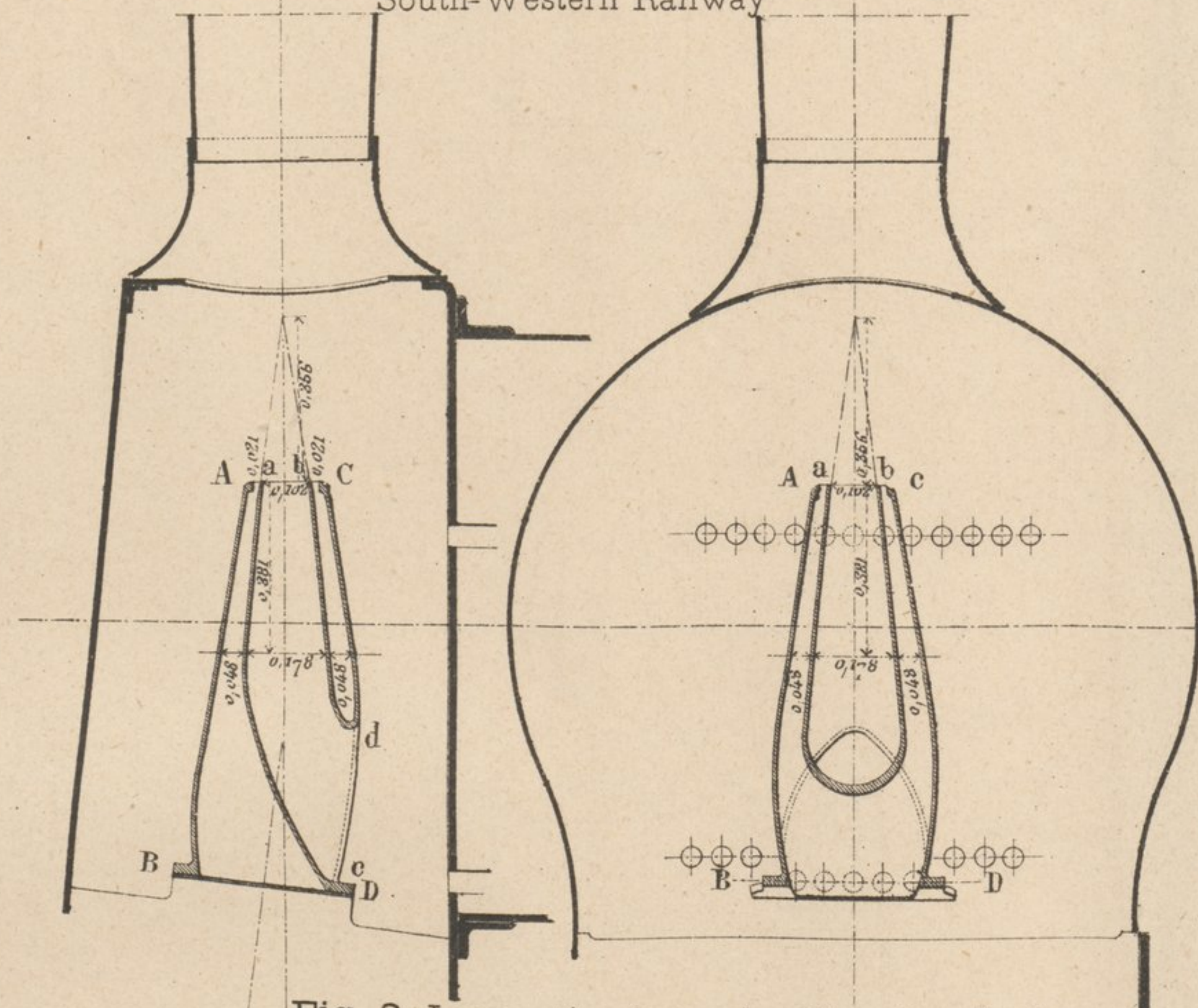


Fig. 2. Locomotive express à cylindres extérieurs de la C^{ie} du London and South-Western Railway.

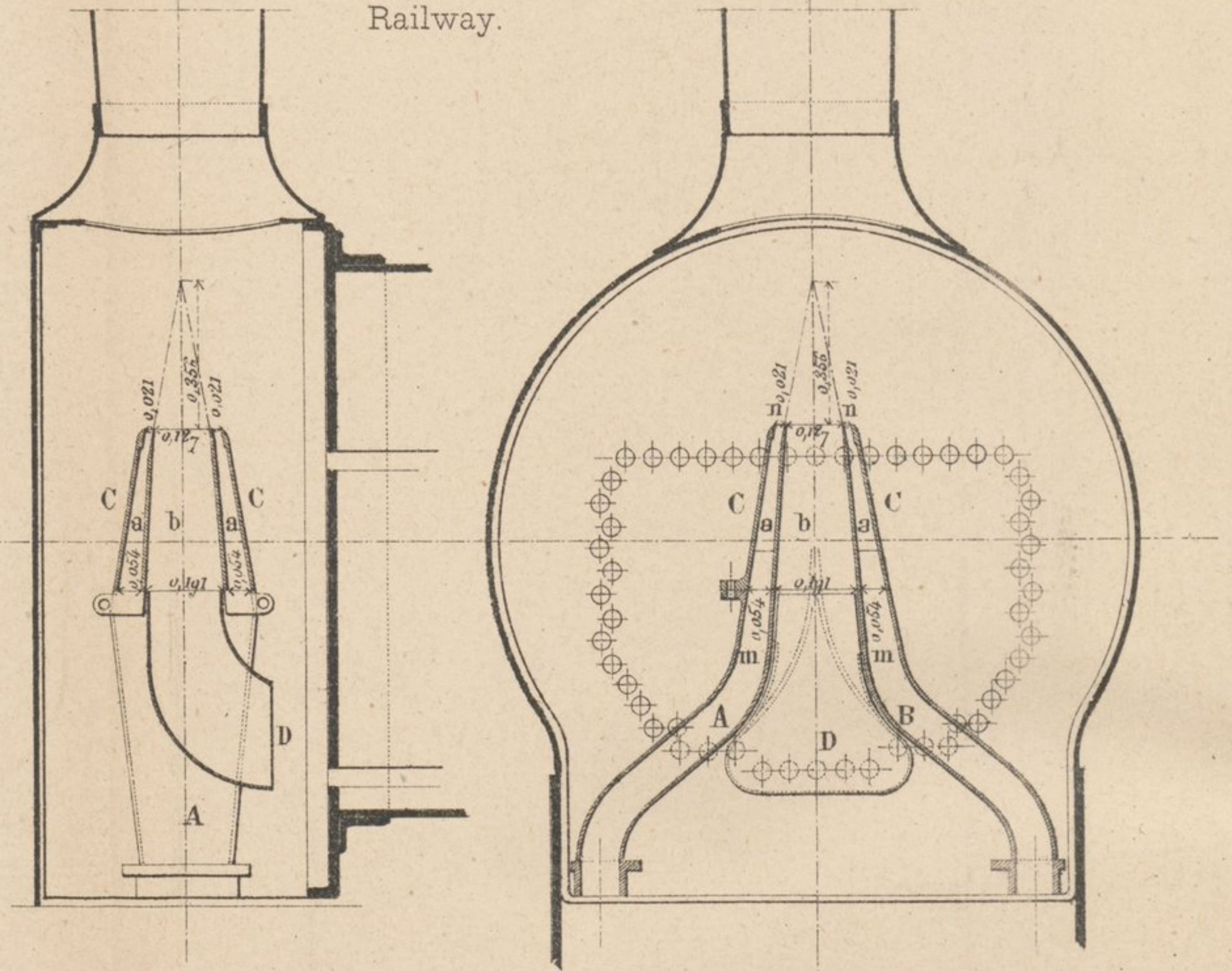


Fig. 3. Locomotive à marchandises à cylindres intérieurs de la C^{ie} du London and South-Western.

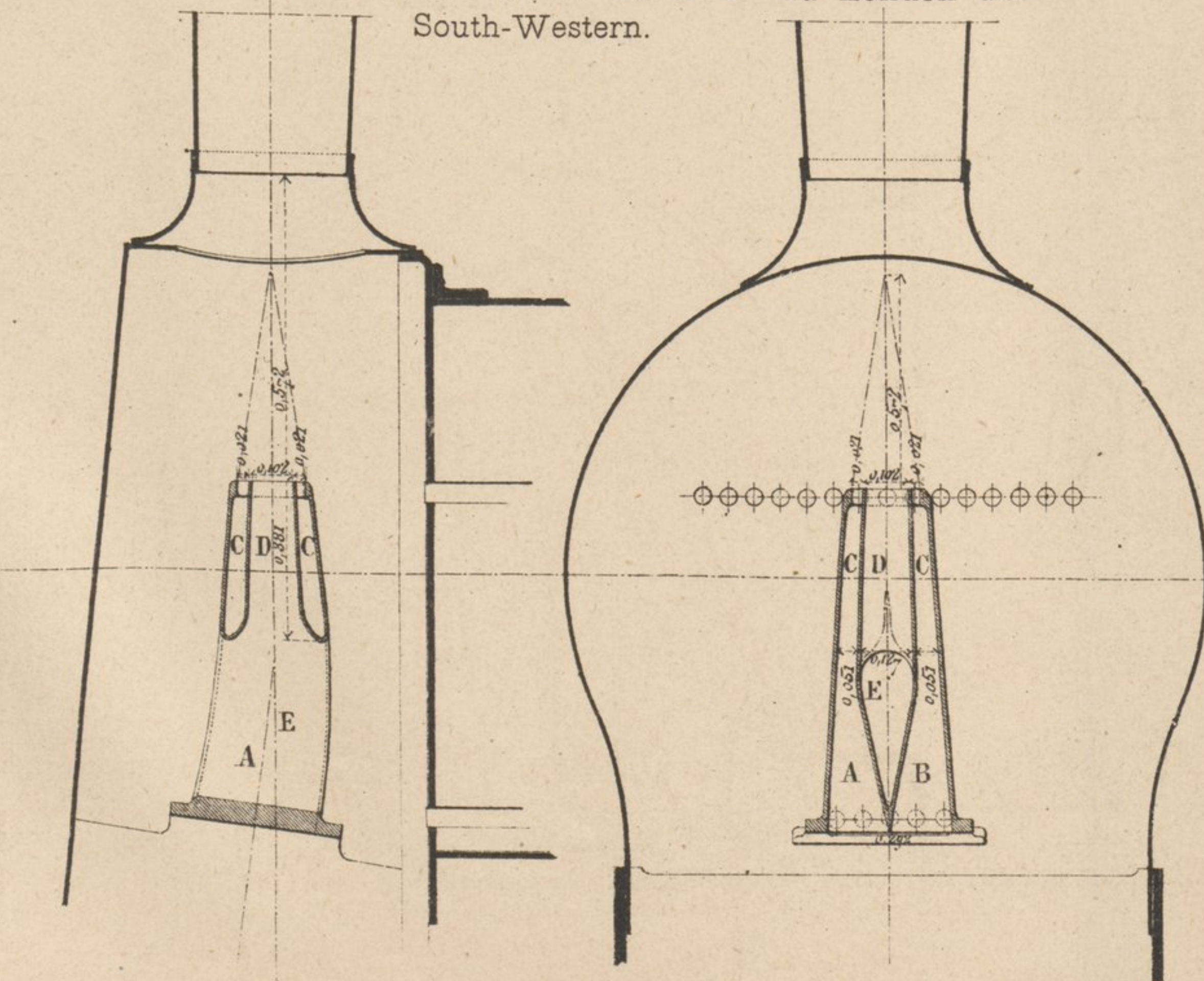
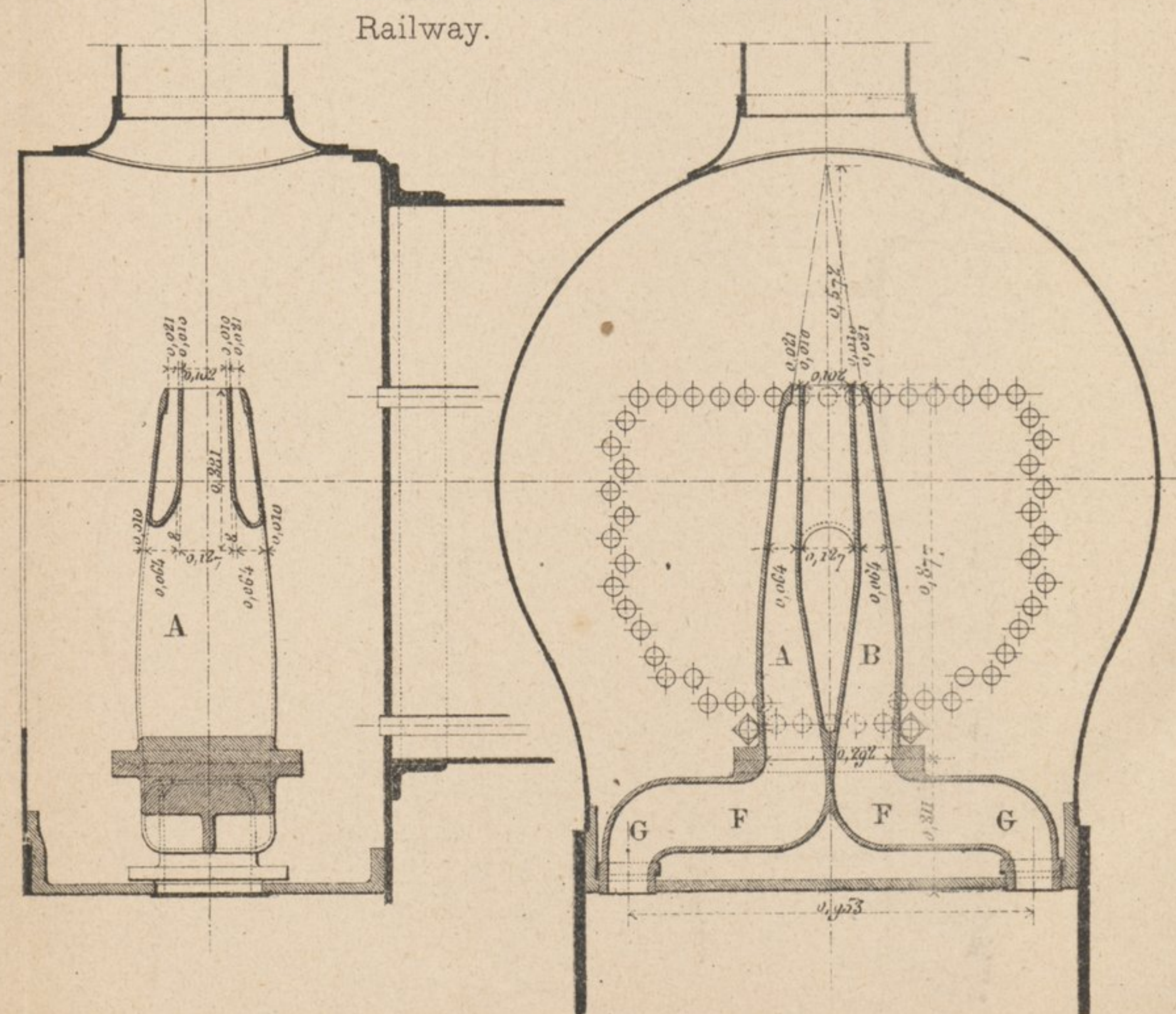
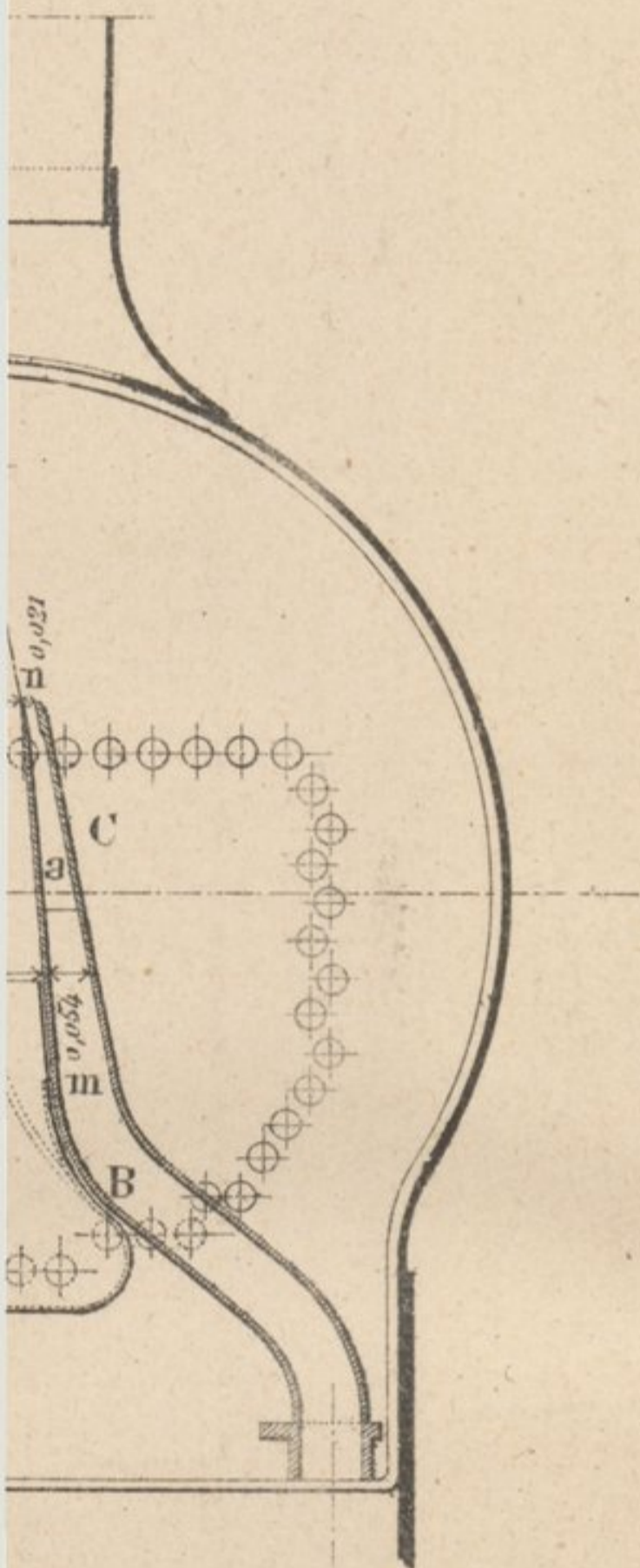


Fig. 4. Locomotive express à cylindres extérieurs de la C^{ie} du London and South-Western Railway.



es extérieurs
South-Western



indres extérieurs
nd South-Western

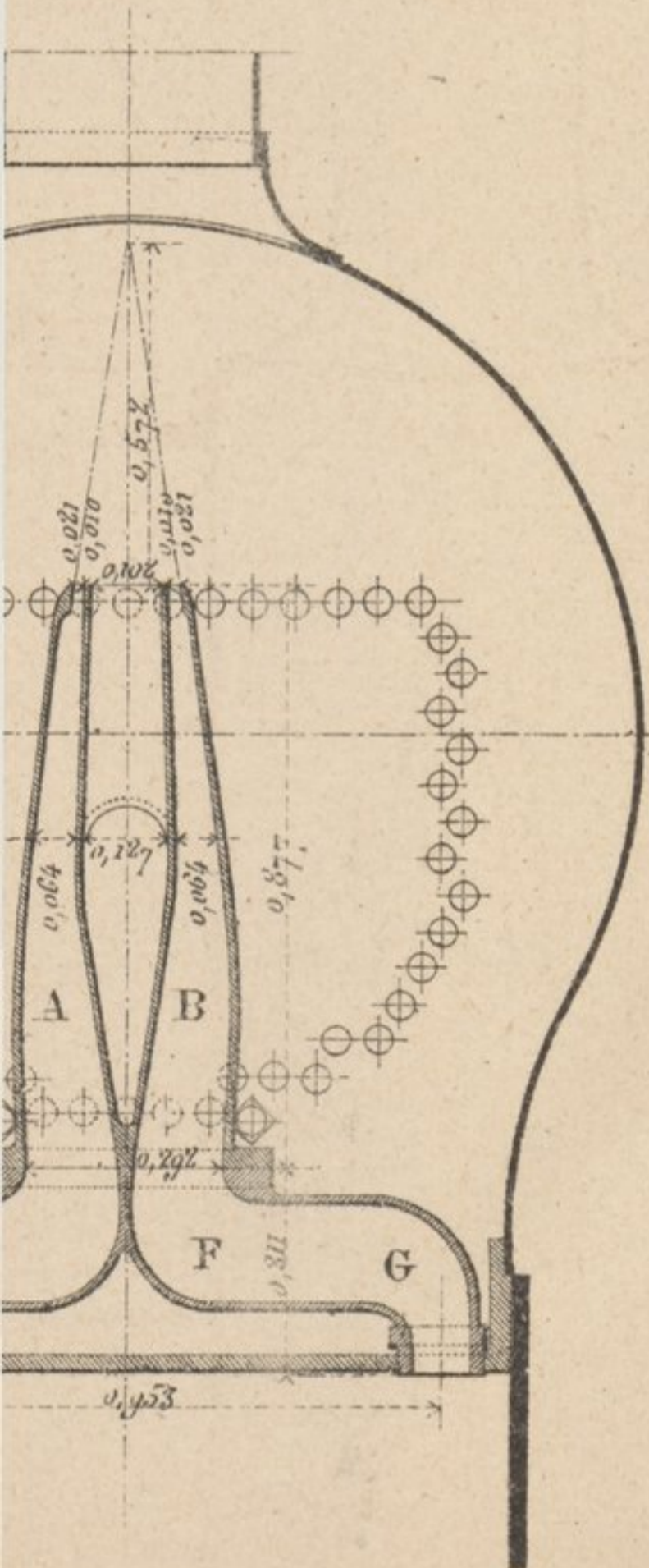


Fig. 5. Application faite par la C^{ie} du Chemin de fer du Nord Français à des machines à cylindres intérieurs.

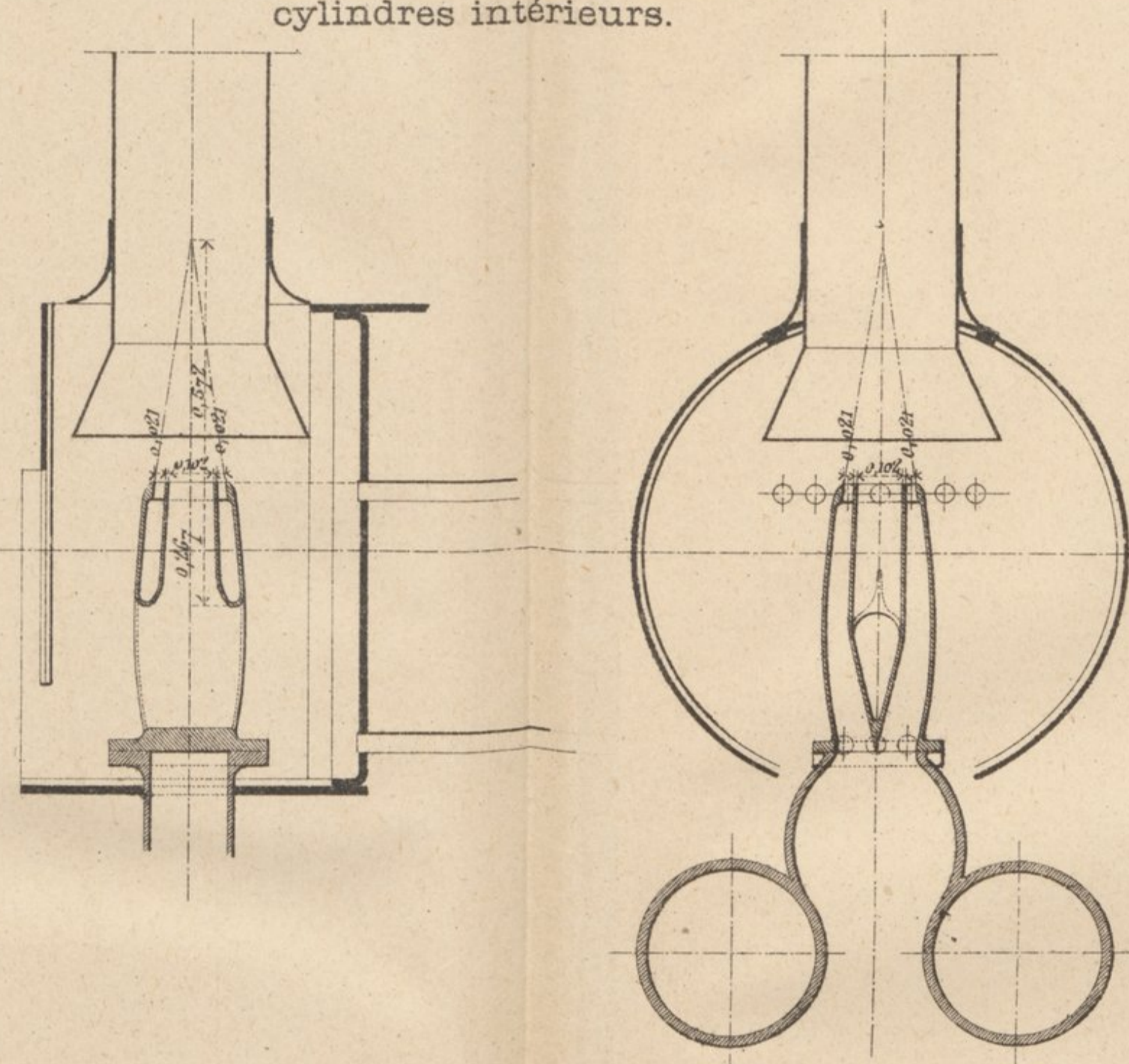


Fig. 6. Application faite par la C^{ie} du Chemin de fer du Nord Français à des machines à cylindres extérieurs.

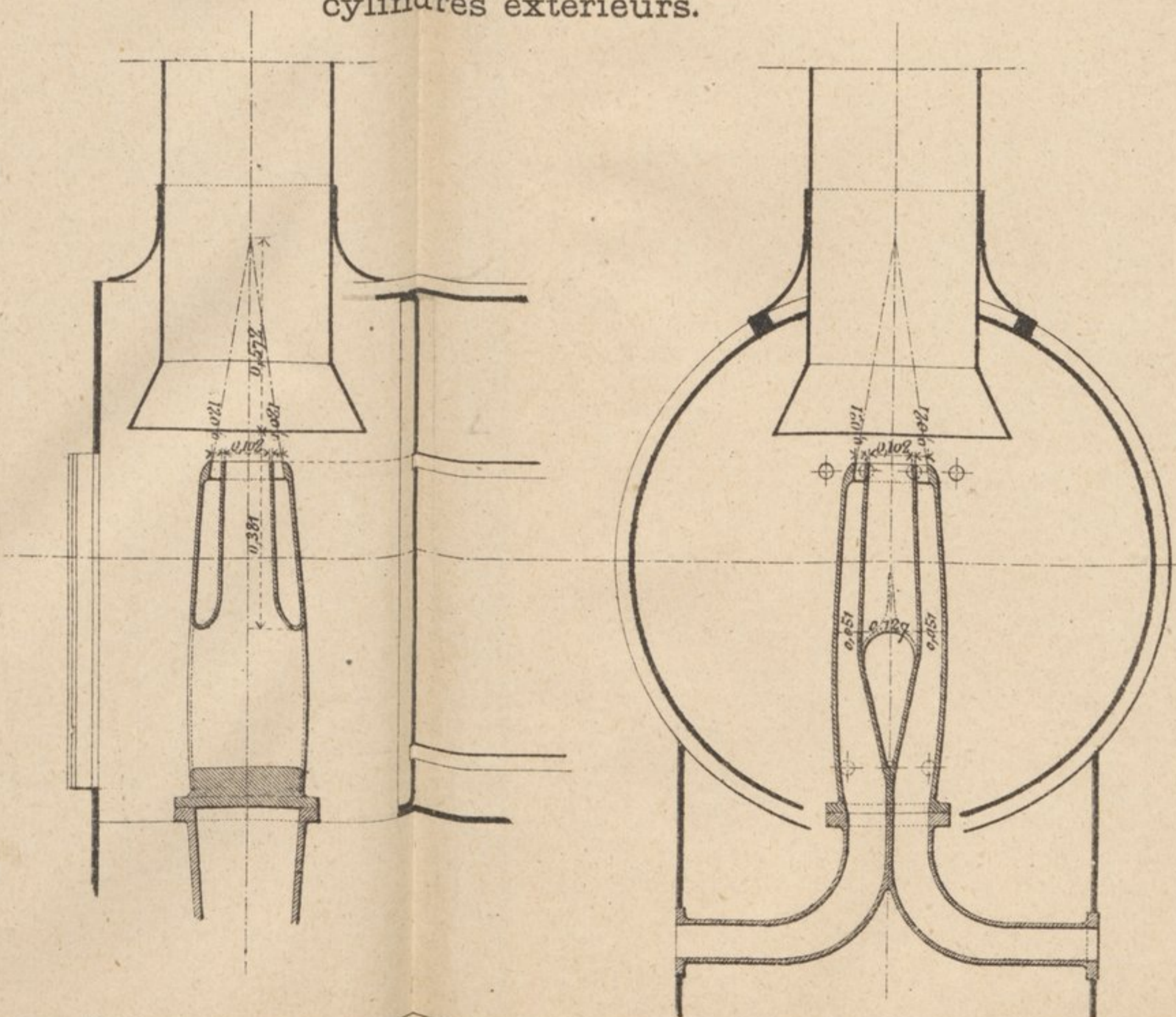


Fig. 7. Application faite par la Société des Chemins de fer de l'État Autrichien à des machines à cylindres extérieurs.

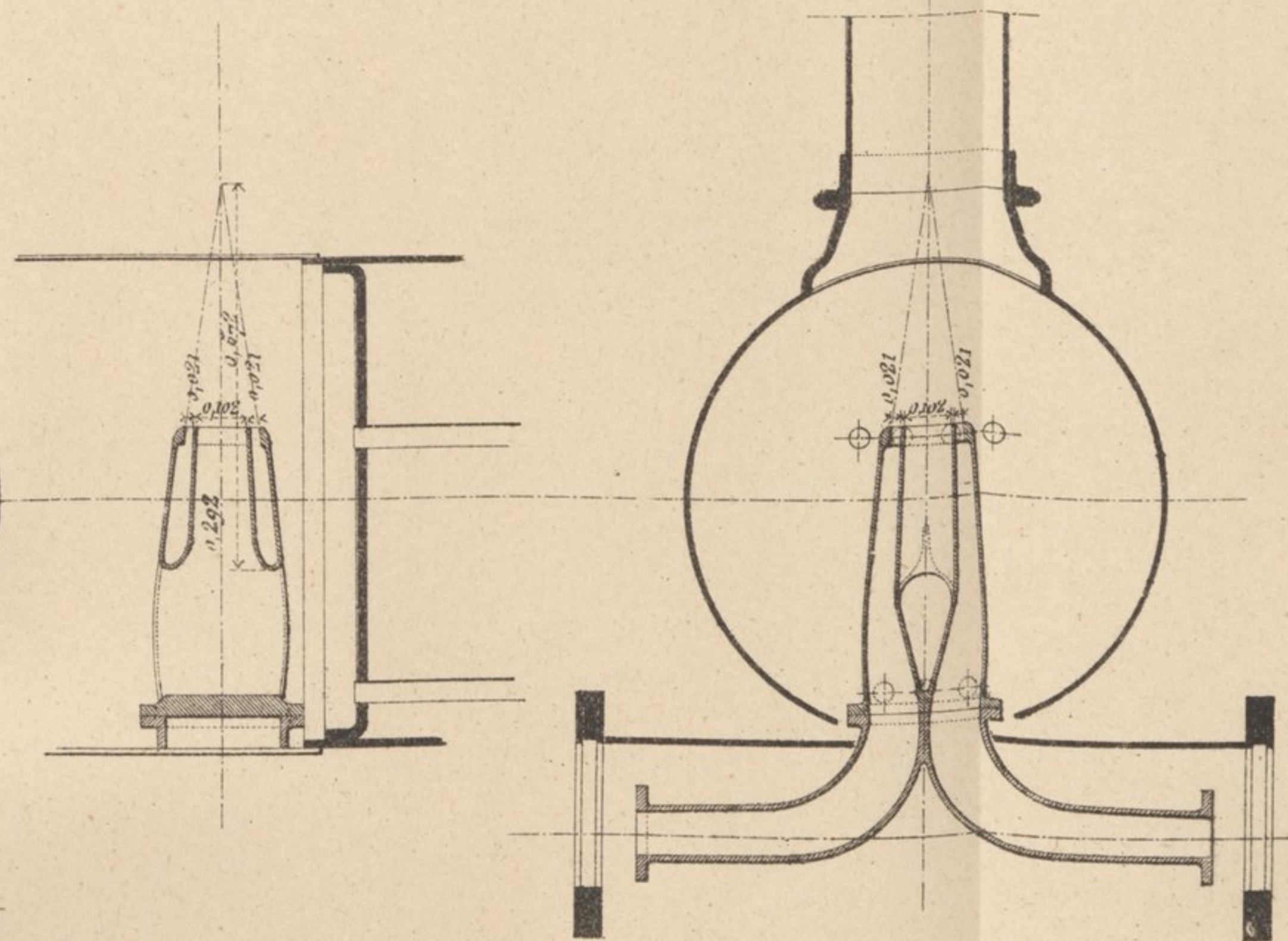


Fig. 1 et 2. DISPOSITIONS PRIMITIVES

Fig. 3 à 7. DISPOSITIONS ACTUELLES