

# NOTE

SUR LA

## LIGNE N° 3 DU CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN DE PARIS <sup>(1)</sup>

par M. BÉRARD,

INGÉNIEUR, CHEF DES SERVICES DU MOUVEMENT

et M. de GRIÈGES,

INGÉNIEUR, SECRÉTAIRE GÉNÉRAL DE L'EXPLOITATION.

---

Pl. XV et XVI

---

Parmi les 8 lignes concédées à la Compagnie du chemin de fer Métropolitain et dont la longueur totale est d'environ 75.550<sup>m</sup>, la ligne N° 3, qui vient d'être ouverte à l'exploitation, s'étend, du Parc Monceau (avenue de Villiers) à la place Gambetta (Mairie du XX<sup>e</sup> Arrond<sup>t</sup>) ; elle relie donc les quartiers très peuplés de Charonne et du Père Lachaise, au cœur même de Paris ; elle dessert également la place de la République, le Sentier, la Bourse, l'Opéra et la gare St-Lazare. Le mouvement des voyageurs est important dans ces quartiers du centre et les correspondances avec la ligne N° 2, à Père Lachaise et Villiers, permettent aux voyageurs qui viennent de la Nation, de la place Clichy et de l'Étoile, de se rendre en quelques minutes au centre des affaires.

L'affluence des voyageurs a été très importante dès le début et augmentera certainement dans les mêmes proportions que sur les lignes 1 et 2, dont le trafic a doublé depuis leur ouverture.

Quand la ligne N° 3 sera prolongée jusqu'à la porte Champerret, son trafic progressera de nouveau par le grand appoint de Levallois-Perret, dont les habitants pourront se rendre rapidement dans le centre, sans avoir à changer de voiture.

Les 15 gares de la ligne N° 3 ont été ouvertes à l'Exploitation le 19 Octobre 1904, de Villiers à Père Lachaise. Cette ouverture partielle a été nécessitée par les grosses difficultés rencontrées dans les travaux d'infrastructure, aux abords du Père Lachaise et de la place Gambetta, qui ont retardé la livraison de ce tronçon.

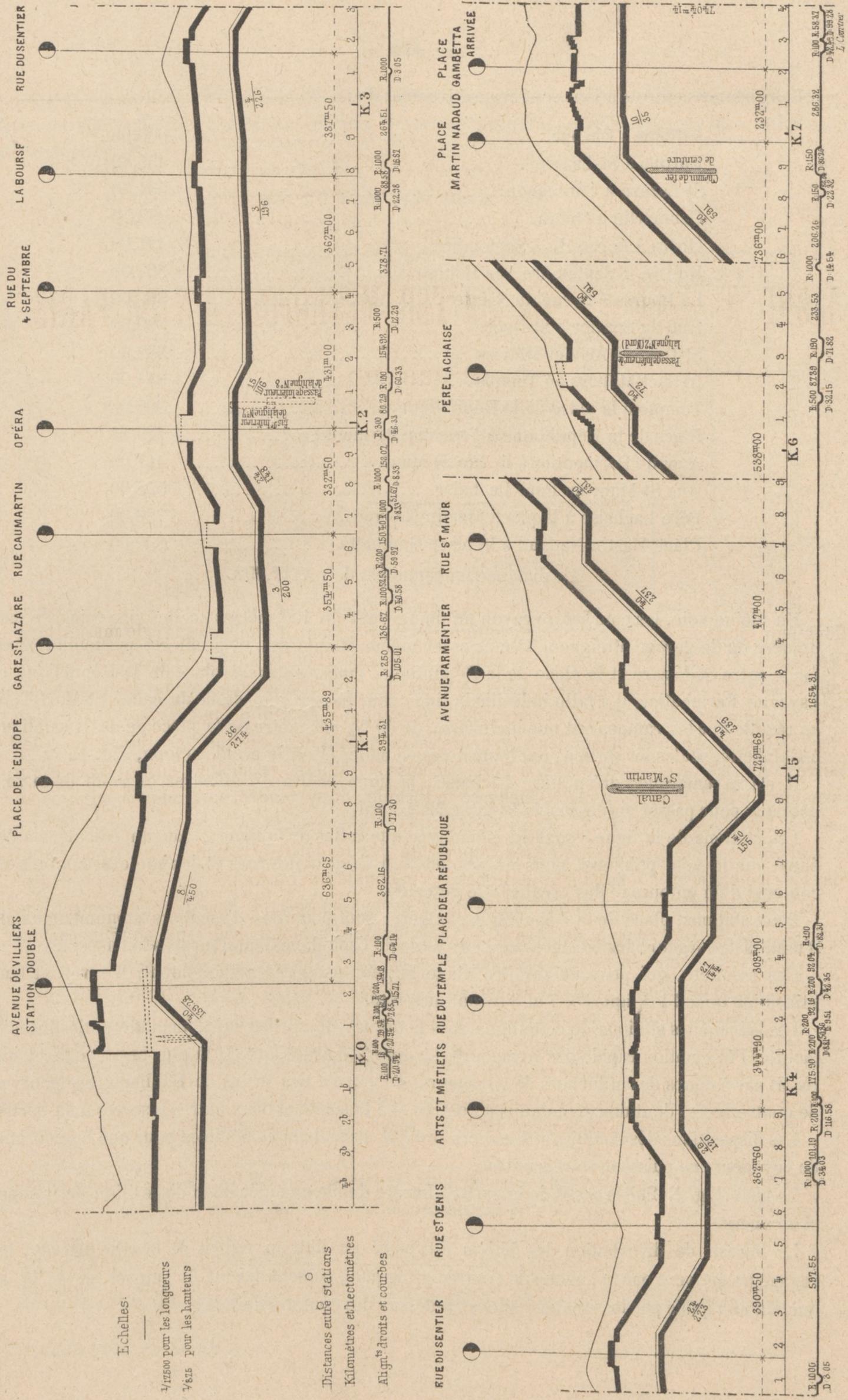
Les autres stations ont été mises en service successivement et la ligne complète (Villiers-Gambetta) a été ouverte le 25 Janvier 1905. Le service y a fonctionné régulièrement depuis cette date.

La longueur de la ligne, entre axe des stations terminus, est de 7.000 mètres complètement en souterrain ; elle est, comme les précédentes, terminée par une boucle à chaque extrémité, ce qui porte la longueur totale développée à 8.806<sup>m</sup>,82.

---

(1) Voir *Revue Générale* nos de Septembre 1900, page 421 et Avril 1903, page 205, pour la description des lignes n° 1 et n° 2.

Fig. 1. — PROFIL EN LONG. LIGNE N° 3.



Echelles.

1/12500 pour les longueurs  
1/825 pour les hauteurs

Distances entre stations  
Kilomètres et hectomètres  
Align. droits et courbes

Les distances entre stations sont respectivement de :

	m.
Villiers à Europe.....	636,65
Europe à St-Lazare.....	435,89
St-Lazare à Caumartin.....	534,50
Caumartin à Opéra.....	332,50
Opéra à la rue du 4 Septembre.....	431,00
Rue du 4 Septembre à la Bourse.....	362,00
La Bourse à la rue du Sentier.....	387,50
Rue du Sentier à St-Denis.....	390,50
St-Denis à Arts-et-Métiers.....	362,60
Arts-et-Métiers au Temple.....	344,90
Temple à la place de la République.....	308,00
Place de la République à l'avenue Parmentier.....	729,68
Avenue Parmentier à la rue St-Maur.....	417,00
Rue St-Maur au Père Lachaise.....	538,00
Père Lachaise à la place Martin-Nadaud.....	736,00
Place Martin-Nadaud à la place Gambetta.....	232,00

La distance moyenne est de : 411<sup>m</sup>,692.

En pleine voie, les courbes de rayon minimum sont de 100 mètres, celles des voies de manœuvre ou de garage atteignent 75 mètres et même 60 mètres; le profil est particulièrement facile entre St-Lazare et la place de la République, mais, entre la place de la République et l'avenue Parmentier, il a fallu infléchir la ligne pour passer en-dessous du canal St-Martin; il en résulte que les rampes ont une inclinaison de 40 <sup>m</sup>/<sub>m</sub> par mètre de la place de la République à Gambetta, seules les stations ont leurs voies en palier (Voir le profil en long, Fig. 1).

Il est à remarquer qu'au Père Lachaise, la ligne N° 3 a dû affleurer le profil de la voie publique pour passer au-dessus de la ligne N° 2 Nord.

Les stations de la ligne 3 sont du même type que celles de la ligne 2; aucun édicule n'a été élevé sur la voie publique, pour ne pas nuire à l'aspect des rues et des boulevards; on s'est contenté d'un entourage des escaliers de descente.

Deux stations, place de la République et Opéra, sont pourvues d'escaliers monumentaux de 9 mètres de largeur, les bordures sont en pierre de Comblanchien, d'un très bel aspect.

Ces escaliers, qui peuvent paraître d'une largeur exagérée actuellement, trouveront leur utilisation quand les lignes 5, 7 et 8 seront ouvertes.

Les principales stations de cette ligne sont pourvues de sorties supplémentaires, destinées à faciliter l'évacuation rapide des voyageurs. La gare St-Lazare, qui est la plus importante et qui reçoit par à coups des affluences de voyageurs, à l'arrivée des trains de Banlieue, est pourvue de quatre accès, dont deux communs à l'entrée et à la sortie et deux autres réservés à la sortie.

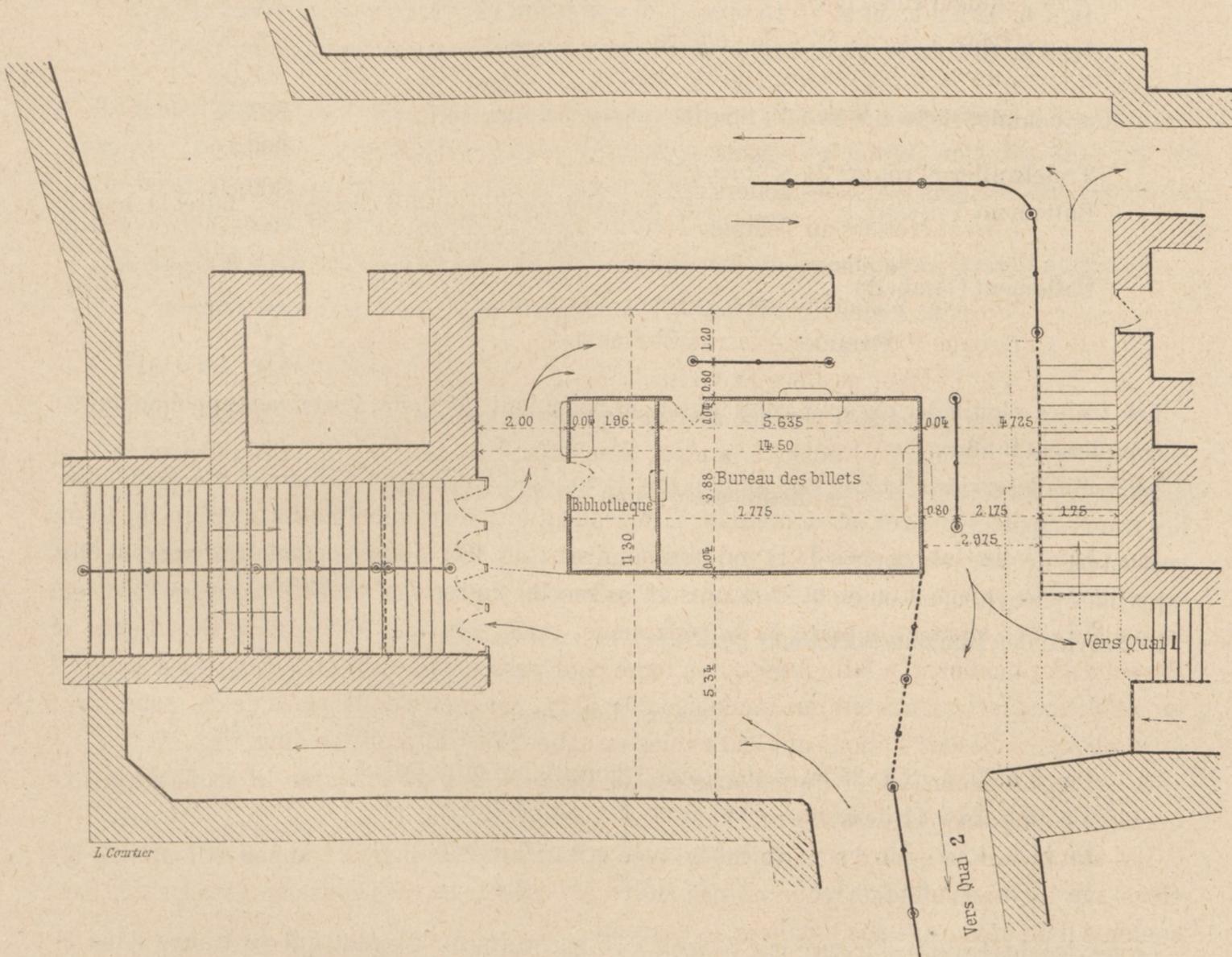
Les dispositions des couloirs et escaliers ont été spécialement étudiées pour que les courants de voyageurs ne puissent se rencontrer.

Le plan (Fig. N° 2) des accès de la gare St-Lazare donne une idée de la disposition des rampes et escaliers.

Le bureau de distribution des billets est placé en îlot, au milieu de la salle d'accès; les voyageurs arrivent par la gauche de l'entrée principale, passent devant le guichet et, de là, se rendent aux quais par les escaliers situés au-dessus des couloirs de sortie.

Les stations de la Bourse, Opéra, St-Denis, possèdent également des sorties supplémentaires *de secours* c'est-à-dire qu'elles sont fermées en service normal et qu'elles peuvent être utilisées au premier besoin.

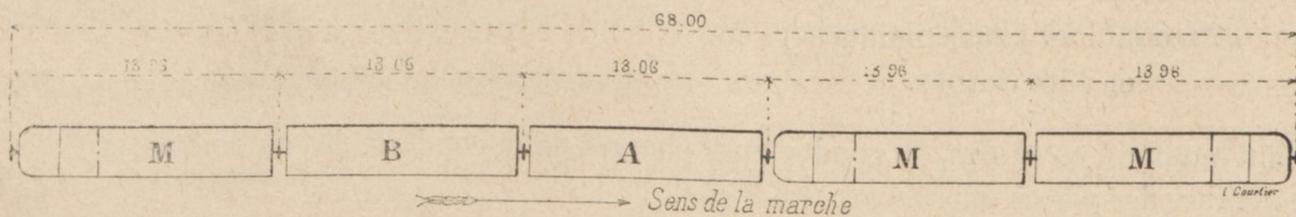
Fig. 2 — ACCÈS DE LA GARE ST-LAZARE.



La station du Sentier, dont l'accès est situé dans le sous-sol d'une boutique de la rue Réaumur, est pourvue d'une sortie supplémentaire, ouverte en service normal.

Le service de la ligne est assuré au moyen de 19 trains de 5 voitures, dont 15 réguliers et 4 supplémentaires.

La composition de ces trains est la suivante :



M. Motrices. — A. 1<sup>re</sup> classe. — B. 2<sup>me</sup> classe.

Les trains sont orientés de façon à ce que 2 motrices se trouvent en tête et une en queue.

1° Service des jours ouvrables :

De 5 h. 30 à 9 h. 24 m. — 19 trains (horaire à 3 minutes);  
 De 9 h. 24 à 3 h. 03 s. — 15 » ( » à 3 et 4' );  
 De 3 h. 03 à 7 h. 48 s. — 19 » ( » à 3' );  
 De 7 h. 48 à 8 h. 46 s. — 15 » ( » à 3 et 4' );  
 De 8 h. 46 à fin service — 10 » ( » à 5 et 6' ).

Un tour complet s'effectue en 57', il se décompose comme suit :

Trajets aller et retour	21 × 2 =	42'	
Battement Villiers.....	8'		pour débarquement des voyageurs, faire la boucle et embarquement.
Battement Gambetta.....	7'		id.
TOTAL.....		57'	

Les trains réguliers, excepté ceux garés le soir, font 20 tours, les trains supplémentaires accomplissent 9 tours.

Les trains à service régulier sont au nombre de 15, dont 6 affectés à Villiers et 9 à Gambetta. Les trains supplémentaires, au nombre de 4, dépendent tous de Gambetta. Le nombre de tours prévus est de 230 réguliers et 39 supplémentaires. Les trains supplémentaires peuvent être supprimés partiellement ou en totalité suivant les besoins du service.

2° Service des Dimanches et Jours Fériés.

Nombre de trains :

De 5 h. 30 à 8 h. 24 m. — 10 trains (horaire à 6 minutes);  
 De 8 h. 24 à 11 h. 18 m. — 14 » ( » à 4 et 5' );  
 De 11 h. 18 à 7 h. » s. — 19 » ( » à 3' );  
 De 7 h. » à fin service — 14 et 13 tr. ( » à 4 et 5' );

Le service des trains est assuré par 5 agents (1 par voiture). L'agent qui se trouve dans la voiture de tête porte le titre de Chef de train et est chargé de donner le signal de départ, dans les stations intermédiaires de la ligne ; il est, en outre, responsable de la marche du train.

Les trains réguliers sont assurés par 2 équipes, faisant une moyenne de 9 h. 20 de travail ; les trains supplémentaires roulent à une seule équipe.

Le nombre des agents des trains, en tenant compte des remplaçants, pour maladies et congés, est de :

220 dont 44 Chefs de train ;  
 et 176 Gardes.

Il faut ajouter à ce chiffre, 52 conducteurs chargés de la conduite des automotrices.

Le nombre des places offertes par train est de :

149 assises ;  
 et 240 debout ;

ce qui donne pour 19 trains, un total de 7.391 places offertes par voyage dans un sens.

Le service des stations est assuré journallement par 9 agents qui se répartissent comme suit :

- 2 Chefs surveillants (1 par service) ;
  - 4 Surveillants de quai chargés du contrôle des billets ;
  - 2 Receveuses ;
  - 1 Homme d'équipe chargé du nettoyage de la gare.
- Certaines stations plus importantes ont de 11 à 14 agents ;

En tenant compte de ce que les gares terminus sont pourvues de Sous-Chefs de gare, de Chefs de départ, de Chefs de manœuvres et aussi des suppléants qui ont à remplacer les malades, les permissionnaires et les agents de repos hebdomadaire, on arrive à un total de 214 agents des gares ; ce qui donne un total de 434 agents pour la ligne N° 3.

Les agents des gares et des trains sont sous les ordres d'un Inspecteur et de 2 Contrôleurs.

Le personnel des autres services pour la ligne N° 3 est réparti comme suit :

*Matériel et Traction :*

- Ateliers..... 63 dont un Chef et un Sous-Chef ;
- Entretien ..... 57 » » » » ;
- Traction ..... 52 Conducteurs placés directement sous les ordres de 4 Sous-Chefs Conducteurs.

*Usine et sous-stations :*

- Usine ..... 46 Électriciens, mécaniciens, chauffeurs, soutiers ;
- Sous-stations ..... 5 Électriciens.

*Voie, accès et Service Électrique :*

- Entretien de la voie..... 25 dont un Chef et un Sous-Chef ;
- Accès..... 3 Nettoyeurs ;
- Service Électrique ..... 2 Électriciens et 1 téléphoniste.

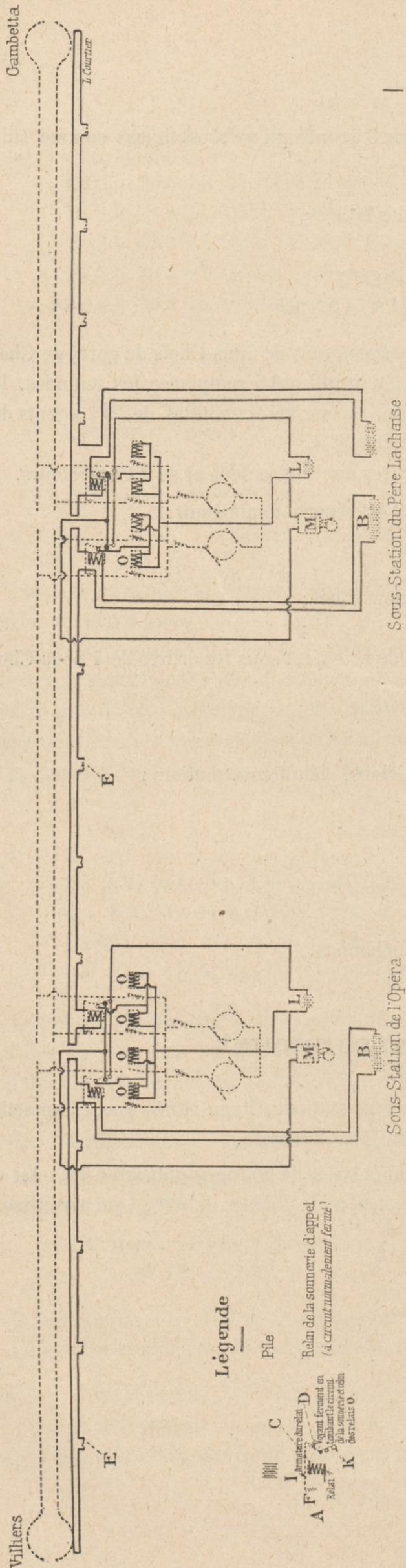
## ALIMENTATION ÉLECTRIQUE

Le courant de la ligne N° 3, est fourni par deux sous-stations, l'une située rue Caumartin, l'autre boulevard Ménilmontant, près de la gare du Père-Lachaise.

Le courant à haute tension, produit par l'usine génératrice de la Compagnie situé 48, quai de La Rapée, est amené dans chacune de ces sous-stations par des câbles de  $90\text{m}/\text{m}^2$  qui aboutissent à des tableaux spéciaux comprenant par unité :

- 100 Ampères formant disjoncteur à maxima ;
- 1 interrupteur tripolaire à huile de 5.000 volts ;
- 1 Compteur triphasé ;
- 1 Voltmètre ;
- 1 Ampèremètre ;
- 1 Wattmètre ;
- 1 Fiche de synchronisation.

Fig. 3. — DISTRIBUTION DU COURANT.



La tension est abaissée par des transformateurs monophasés à ventilation forcée de 270 Kws.

(1) Ceux de l'Opéra sont de 5000/430 Volts.

(2) Ceux du Père-Lachaise sont de 5000/370 Volts.

La transformation est effectuée à l'Opéra par :

4 Groupes de transformation comprenant chacun une commutatrice hexaphasée à excitation shunt 10 poles 300 tours, bobinée pour 600 Volts, côté continu, connexions diamétrales.

Au Père-Lachaise, les groupes sont au nombre de 5, ils ne diffèrent des précédents que par leurs connexions qui sont en double triangle.

Le rendement de l'ensemble d'un groupe est de 92% à pleine charge.

Le tableau continu situé de l'autre côté de la sous-station par rapport au tableau alternatif comprend par groupe :

1 Panneau avec disjoncteur automatique à ruptures multiples sans soufflage magnétique ; 600 Volts, 2.000 ampères ;

1 Interrupteur à couteau, 600 volts, 2.000 ampères ;

1 Démarreur, 1 rhéostat de champ, 1 ampèremètre ;

1 Panneau totalisateur par ligne avec compteur, ampèremètre et ampèremètre enregistreur ;

1 Tableau de secours comportant également disjoncteur et interrupteur, peut être substitué à l'un quelconque des panneaux de sectionnement au moyen de l'inverseur.

Il y a en outre un panneau pour desservir chaque section de ligne, comprenant 1 disjoncteur à maxima semblable à celui des commutatrices et un inverseur unipolaire à couteau 600 volts, 2.000 ampères.

Le schéma général (Fig. 3) indique ce sectionnement en 6 parties ;

Cette disposition a été adoptée pour réduire, en le divisant, le débit maximum dans chaque tronçon ; ce mode de protection est le plus efficace pour mettre à l'abri des grosses intensités, les équipements des voitures.

Les Sous-stations alimentent la ligne N° 3 à raison de :

	OPÉRA.	PÈRE-LACHAISE.
Débit moyen.	2.200 ampères.	1.600 ampères.
Débit maximum.	5.500 d°	3.500 d°

La Sous-station du Père-Lachaise fournit aussi du courant à la ligne N° 2.

Chaque Sous-station possède une batterie d'accumulateurs de 288 éléments de 1.800 ampères heure en une heure. Ces batteries fonctionnent comme tampon au moyen d'un survolteur dévolteur actionné par un moteur continu de 250 Kilowatts.

Toutes deux sont installées au-dessus de la Salle des machines.

Le démarrage des commutatrices s'obtient par le courant continu pris : soit sur la batterie d'accumulateurs, soit sur les barres de traction.

Le synchronisme est indiqué par des lampes alimentées par transformateurs spéciaux, l'accrochage est fait au moment de l'extinction par l'interrupteur à haute tension.

#### DISTRIBUTION DU COURANT.

**Courant primaire.** — L'usine génératrice de Bercy, produit le courant sous une tension de 5.000 volts, la distribution de l'énergie en courant triphasé aux sous-stations de transformation, est assurée de la manière suivante :

A chaque groupe de transformation correspond un câble à trois conducteurs, de  $90 \text{ m/m}^2$  chaque, prévu pour supporter un débit de 1 ampère par  $\text{m/m}^2$  avec  $\cos \varphi = 0,95$  pour le fonctionnement normal de 750 kws.

Il y a deux câbles de ce genre reliant l'usine de Bercy à la sous-station du Père-Lachaise, et 3 câbles aboutissant à la sous-station de l'Opéra.

Les deux câbles du Père-Lachaise ont un parcours à peu près direct en suivant les voies de communication de la ville, les autres sont branchés sur les câbles qui relient l'usine de Bercy à la sous-station du Louvre, et qui sont posés dans le souterrain de la ligne Vincennes-Maillot.

Ces câbles principaux ont une capacité de 3.000 Kws., la sous-station du Louvre demande au maximum 1.200 Kws, tandis que celle de l'Opéra peut absorber 1.750 Kws.

**Courant continu.** — Le courant continu pour la traction est produit sous une tension de 550 Volts, il est amené de chaque sous-station à la voie au moyen de feeders en cuivre, dont la section a été calculée sur la base de 0 amp, 63 par  $\text{m/m}^2$ .

Les intensités moyennes que peuvent avoir à débiter les sous-stations sont de :

2.200 Ampères pour l'Opéra.  
1.600 d° pour Père-Lachaise.

Les feeders qui ont une section de  $3.500 \text{ m}^2/\text{m}^2$  côté Opéra et  $3.000 \text{ m}^2/\text{m}^2$  côté Père-Lachaise, sont constitués par un faisceau de câbles de  $250 \text{ m}^2/\text{m}^2$  de section, pour être plus facilement maniables.

Les câbles positifs sont isolés sous caoutchouc et sous tresse, du tableau de distribution aux tableaux d'extrémité de la galerie, situés du côté de la sous-station; ils sont nus de ces tableaux, à ceux d'extrémité situés du côté du tunnel; enfin, ils sont isolés sous caoutchouc et armés, de ces tableaux aux rails de courant.

Ces câbles positifs sont posés sur poulies porcelaine, placées elles-mêmes sur des taquets en bois, maintenus par des boulons, scellés dans la maçonnerie.

Les câbles négatifs sont nus et protégés par un coffret en bois de sapin.

Pour le sectionnement des lignes, les sections des différents feeders sont les suivantes: en prenant des nombres ronds de câbles de  $500 \text{ m}^2/\text{m}^2$ .

		SECTIONS	DÉBIT MAXIMUM	DENSITÉ	
OPÉRA	Rails .....	Côté Courcelles.....	1.500 $\text{m}^2/\text{m}^2$	1.000	$\frac{1.000}{1.500} = 0,66$
	Conducteurs .....				
	Rails.....	Voie 1.....	1.000 $\text{m}^2/\text{m}^2$	$\frac{1.200}{2} = 600$	$\frac{600}{1.000} = 0,60$
	Conducteurs .....				
	Côté Père-Lachaise ...	Voie 2.....	1.000 $\text{m}^2/\text{m}^2$	600	d° = 0,60
TOTAUX .....		3.500 $\text{m}^2/\text{m}^2$	2.200		
	Rails.....	Voie 1.....	1.000 $\text{m}^2/\text{m}^2$	600	d° = 0,60
	Conducteurs .....	Voie 2.....	1.000 $\text{m}^2/\text{m}^2$	600	d° = 0,60
	Côté Opéra .....				
	Rails.....	.....	1.000 $\text{m}^2/\text{m}^2$	400	$\frac{400}{1.000} = 0,40$
	Conducteurs .....				
	Côté Ménilmontant.....	(TOTAUX).....	3.000 $\text{m}^2/\text{m}^2$	1.600	

La densité de 0 amp., 63 par  $\text{m}^2/\text{m}^2$  qui est la plus économique a été appliquée sur toutes les lignes, sauf sur celle du côté Ménilmontant où elle est tombée à 0 amp., 40, cela tient à ce que dans le projet primitif, il avait été prévu que les ateliers et dépôts qui se trouvent à l'extrémité de la ligne seraient alimentés par le courant de traction, soit une augmentation de 360 ampères de ce chef, les feeders, côté Ménilmontant avaient donc été calculés pour 1.960 ampères, au lieu de 1.600.

Mais par la suite, les feeders étant déjà posés, il a été décidé que toute la distribution de courant des ateliers et dépôts serait faite en courant alternatif directement amené des feeders primaires de la sous-station du Père-Lachaise, c'est ce qui explique ce surcroît de section, dans cette partie de ligne.

Du reste il est avantageux d'avoir plus de section qu'il ne faut dans les circuits extrêmes, car l'intensité subit de fortes variations, qui proviennent de ce que les trains peuvent se trouver tous arrêtés ou tous en démarrage en même temps, par le jeu même de la boucle. En effet, lorsqu'un train part de la station Terminus, les 2 ou 3 autres trains qui peuvent être derrière lui en attente dans la boucle démarrent aussi et font un appel d'intensité qui dépasse la moyenne, or les

maxima qui ont servi au calcul ci-dessus sont les chiffres fournis par le produit du nombre de trains par l'intensité moyenne consommée par ces trains.

**Voie.** — La voie est constituée par des rails de roulement et un rail de courant, tous deux du type Vignole en acier pesant 52 kilos par mètre.

L'acier des rails de roulement est de composition Bessemer dur acide, contenant au maximum 4 gr. de carbone par kil., les 4 lignes de rails sont reliées en parallèle de distance en distance par des câbles d'équilibre. Leur fixation sur les traverses en chêne est assurée par des tirefonds.

Le rail de courant est en acier extra-doux dont la composition est de :

- 1, 4 gr. de carbone par kil. ;
- 5 gr. de manganèse par kil. ;
- On obtient avec cet acier une meilleure conductibilité ;
- Chaque voie possède son rail de courant ;
- La densité de courant atteint au maximum sur cette ligne :
- 0 amp., 092 dans les rails de courant ;
- 0 amp., 046 » de roulement.

L'éclissage électrique se compose de 4 éclisses formées par des lamelles en cuivre du type Chicago fixées par des balles coniques, à raison de : 2 sur l'âme protégée par l'éclisse et 2 sur le patin.

Leurs sections sont respectivement de :

- Rails conducteurs, 900 m/m<sup>2</sup> ;
- Rails de roulement, 700 m/m<sup>2</sup>.

Ces sections sont même un peu supérieures aux chiffres théoriques, d'ailleurs la plupart des joints de rails conducteurs sont soudés, le procédé employé est celui de la soudure par aluminothermie.

De distance en distance, des joints de dilatation avec éclisse en acier et en cuivre ont été ménagés.

Le rail conducteur est supporté par des coussinets isolateurs ; lors de l'établissement de la ligne, la matière isolante de ces coussinets n'était pas incombustible, cela présentait des inconvénients : si un corps étranger venait à se loger entre la cloche et la masse l'arc amorcé calcinaient le produit isolant et le rendait conducteur.

De nouveaux coussinets sont à l'essai dont la matière isolante est incombustible (granit ou porcelaine).

La résistance kilométrique de la ligne est environ de 0,029 Ohms, la perte de voltage maximum à l'extrémité de la section la plus chargée peut atteindre 40 volts se décomposant en 23 volts au positif et 17 volts au négatif, soit une chute maximum par kilomètre de 10 volts pour le + et de 7 volts 4 pour le —.

**Courant continu pour l'éclairage.** — La consommation de courant pour l'éclairage du tunnel et des gares est environ de 227 kw dont 104 dans les zones d'action de la sous-station de l'Opéra et 123 dans celles de la sous-station Père-Lachaise.

Les circuits d'éclairage sont indépendants des circuits de traction et sont branchés sur des batteries d'accumulateurs, selon le dispositif adopté sur les lignes 1 et 2.

Ces batteries sont placées dans les 2 sous-stations.

Leur capacité est calculée de manière à alimenter l'éclairage pendant les 4 heures d'interruption de service de chaque nuit. Le débit des usines productrices d'énergie électrique étant arrêté. Cette capacité est de 400 ampères heure pour chacune.

La canalisation d'éclairage, pour offrir toute sécurité, comprend 2 circuits distincts et indépendants, alimentant chacun des deux côtés de la ligne.

Les canalisations d'éclairage ont été prévues de telle sorte qu'en aucun point des feeders positifs la tension soit inférieure à 550 volts, ce qui assure à chaque lampe une différence de potentiel de 110 volts, les lampes étant groupées par cinq en série.

Les sections ont encore été majorées pour permettre de développer l'éclairage dans les gares terminus pour la visite du matériel.

Les sections des feeders dans les différentes régions de la ligne sont :

Du terminus Courcelles à la sous-station Opéra.....	40 m/m <sup>2</sup> ;
De la sous-station Opéra à la sous-station Père-Lachaise.....	30 m/m <sup>2</sup> ;
De la sous station Père-Lachaise au dépôt de St-Fargeau.....	80 m/m <sup>2</sup> ;

cette dernière section permet de fournir l'éclairage du dépôt en courant continu.

En outre, en vue de pouvoir utiliser éventuellement la canalisation d'éclairage à la traction pour les travaux d'entretien pendant l'arrêt du service, un des feeders positifs est placé comme fil nu de trolley dans l'axe du tunnel, son diamètre est de 9 m/m, sa section de 63 m/m<sup>2</sup>.

Les câbles négatifs et positifs sont posés sur des poulies porcelaine, fixées comme celles des câbles positifs de traction.

La densité de courant atteint ainsi au maximum 1 amp. 4 par m/m<sup>2</sup> dans le feeder le plus chargé des canalisations d'éclairage ; la densité moyenne dans chaque feeder diffère peu de la densité la plus économique : 0,63.

Tout un côté de la ligne a ses câbles et fils d'éclairage placés dans les tubes Bergmann et noyés dans la maçonnerie à une profondeur de 40 m/m environ, les lignes se trouvent ainsi protégées et à l'abri de toute influence extérieure.

### AVERTISSEURS D'ALARME

La ligne N° 3 a reçu les dispositifs suivants, qui sont appelés à fonctionner en cas d'alarme, savoir :

1° Un système permettant l'ouverture automatique des disjoncteurs des sous-stations avec sonneries annonciatrices de disjonction ;

2° Des postes téléphoniques placés près des signaux intermédiaires et reliés aux stations amont les plus voisines ;

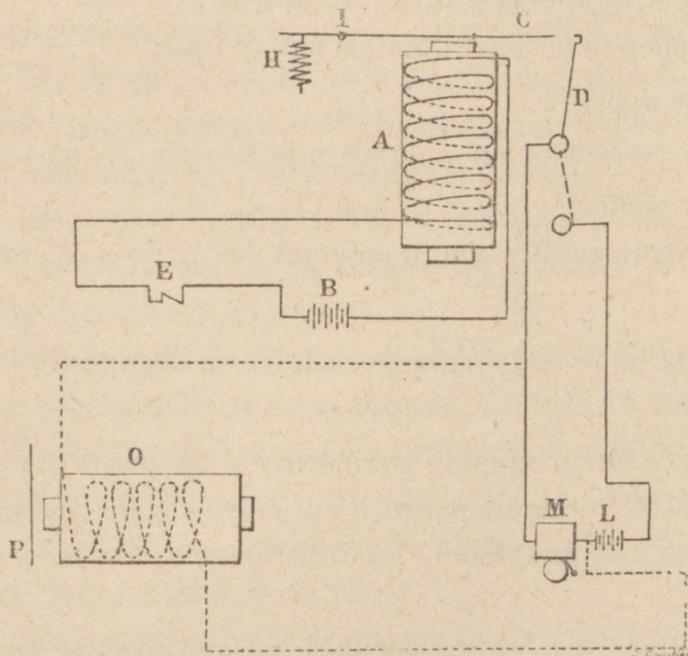
3° Des postes téléphoniques, reliant les sous-stations aux gares les plus voisines.

1° Le système permettant l'ouverture automatique des disjoncteurs des sous-stations avec sonneries annonciatrices de disjonction comprend principalement.

Sur la ligne :

Des boutons ordinaires de sonneries placés dans des boîtes en fonte plombées avec couvercles

Fig. 4. — AVERTISSEUR D'ALARME.



en verre ; ces boîtes sont distribuées, à raison de une par gare et de une tous les 100 mètres en tunnel courant.

Dans les centres d'alimentation :

Des relais avec piles et sonnerie.

Ce dispositif représenté par le schéma ci-contre, fonctionne de la manière suivante :

Les boutons, dont l'un deux est représenté en E (Fig. 4), sont répartis le long de la ligne tous les 100 mètres, ils sont normalement fermés ; dans ces conditions, le courant produit par les piles B agit au moyen du noyau A sur l'armature C qui maintient relevé le voyant D.

Si le courant vient à être coupé au moyen du bouton E par exemple, le ressort antago-

niste F n'étant plus contrebalancé par l'action de l'électro, fait pivoter l'armature C autour de son axe I et celle-ci se relevant dégage le voyant D qui tombe par son propre poids et vient fermer en K le circuit de piles L d'une part sur le circuit du relais O, d'autre part sur celui de la sonnerie M.

L'électro O attire la palette P qui en agissant sur la manette de déclanchement du disjoncteur le fait sauter, en outre, la sonnerie M se met à tinter.

On voit que quel que soit le nombre de boutons E, le fonctionnement est le même.

Le schéma général (Fig.3) relatif à l'ensemble de l'installation permet de se rendre compte du sectionnement de la ligne et du jeu des avertisseurs d'alarme.

2° Les postes téléphoniques sont du système Bailleux avec sonneries d'appel.

Ils sont enfermés dans des boîtes en tôles placées à l'aplomb et reliés aux stations les plus voisines.

Le Conducteur ou le Chef d'un train, en détresse en pleine voie, peut aussi appeler le Chef de station et inversement.

3° Les postes téléphoniques reliant les sous-stations aux stations les plus voisines sont du système Dardeau avec sonneries d'appel.

La place réservée à cette notice est trop limitée pour que l'on puisse ici décrire d'une façon détaillée les appareils du système Dardeau (1).

Cependant, il est intéressant de rappeler que l'appareil Dardeau [supprime toute intervention des employés des postes intermédiaires pour obtenir une communication avec un poste quelconque échelonné sur le parcours de la ligne.

Il réalise ainsi une économie de temps considérable.

(1) Voir le mémoire de M. Van den Savel, dans le bulletin du 4 mai 1900 de l'Association des Ingénieurs électriciens de Liège.

Ce système permet de desservir sans inconvénient, jusqu'à 25 postes sur un seul fil et cela sans que la complication, ni les dimensions des appareils augmentent.

Voici les principaux points du programme extrêmement complet qu'il réalise, il permet :

- 1° De lancer un appel *continu* dans un poste quelconque et *dans celui-là seul* ;
- 2° De supprimer cet appel si le poste n'a pas répondu au bout d'un certain temps ;
- 3° De recevoir la réponse de sonnerie du poste appelé ;
- 4° D'appeler et de mettre en correspondance *collective* un nombre *quelconque* de postes embrochés, quelque soit les numéros d'ordre des postes ;
- 5° D'appeler tous les postes à la fois pour leur transmettre simultanément des ordres (et un poste quelconque peut produire cet appel) ;
- 6° De faire connaître dans tous les postes si la ligne téléphonique est libre ou occupée et le poste qui est occupé ;
- 7° Dans le cas d'occupation prolongée de la ligne téléphonique, permettre à un poste quelconque, dans un cas urgent, d'avertir les postes communicants, au moyen d'un signal convenu, qu'il y a urgence à lui céder la ligne, et au besoin, les interrompre dans le cas d'absolue nécessité pour appeler le poste voulu ;
- 8° D'assurer *le secret absolu* des communications des postes occupés (ce qui n'existe pas dans les appareils similaires cités plus haut).

Nous ajouterons que les appareils sont tous *identiques* de façon à pouvoir se répartir indifféremment sur le réseau et être facilement et réciproquement interchangeables. De plus, il est à remarquer que l'installation faite, si la nécessité se faisait sentir d'augmenter le nombre des postes déjà en service, une disposition ingénieuse de la roue d'échappement permet de la retirer et de la remplacer par une autre roue, divisée en vue du nouveau nombre de postes à desservir. Cette substitution se fait sur place en quelques minutes, sans qu'il soit nécessaire de démonter l'appareil et sans interrompre le service.

La manœuvre de l'appareil est aussi simple que possible ; elle consiste à presser 2 boutons. Il est donc impossible (par suite de l'absence totale de fiches ou de commutateurs à manœuvrer) qu'une personne inexpérimentée entrave le fonctionnement de la ligne, parce qu'elle aurait commis une erreur dans le maniement de ces organes. Enfin, l'arrêt d'un ou de plusieurs appareils ne peut en quoi que ce soit, gêner le fonctionnement des autres.

Les gares de la ligne N° 3 munies du téléphone Dardeau sont : Gambetta, Père-Lachaise, République, St-Denis, Bourse, Opéra, St-Lazare et Villiers, et enfin le Service Central, 46, Quai de la Rapée.

Toutes les stations de la ligne sont en outre pourvues d'un appareil omnibus qui permet à chacune d'elle de communiquer avec les 2 voisines. Les stations munies de l'appareil Dardeau sont chargées de transmettre les dépêches aux stations contigües et les Chefs surveillants doivent les inscrire sur un livre ad hoc, avec leurs heures de transmission.

#### MATÉRIEL ROULANT.

**Voitures automotrices.** — Ces voitures (Pl. XV) sont formées par des caisses de 2<sup>me</sup> classe de longueur totale de 13 m, 320, de largeur extérieure 2 m, 260, de hauteur extérieure maximum 2 m, 284, renfermant 8 rangées transversales de sièges adossés 2 à 2 à l'exception des extrêmes.

Ces rangées sont séparées par un couloir de 0<sup>m</sup>, 800 de largeur, laissant d'un côté une série longitudinale de sièges de 0<sup>m</sup>, 480 de largeur n'offrant chacun qu'une seule place et de l'autre côté une autre rangée de sièges de 0<sup>m</sup>, 960 de largeur présentant chacune 2 places.

Une plateforme en bout de 2<sup>m</sup>, 200 de largeur sur 2<sup>m</sup>, 400 de longueur intérieure est comprise entre le compartiment sus-mentionné et la cabine du wattman.

Sur le pourtour de cette plateforme sont placées des mains courantes, et dans le milieu 4 colonnes montantes destinées à permettre aux voyageurs de se maintenir.

Le nombre de places assises est de 25.

Le nombre de places debout est de 45.

La ventilation de la voiture est obtenue par des vasistas coulissants et par un lanterneau dont les côtés sont à jour.

L'éclairage est assuré par 15 lampes de 10 bougies 110 v, 5 par 5 en série sur le courant qui est pris en dérivation au tableau d'entrée du courant dans la loge des automotrices.

La cabine de manœuvre, entièrement métallique, occupe un rectangle dont les angles avant sont arrondis, le petit côté est formé par la largeur de la voiture et l'autre à 2<sup>m</sup>, 500.

La voiture est desservie de chaque côté par 3 portes doubles coulissantes donnant chacune une largeur de baie de 1<sup>m</sup>, 200.

Les portes se ferment au moyen de loquetaux automatiques formant serrures.

**Voitures d'attelage.** — Les voitures d'attelage (voir Pl. XVI) sont de deux types, un pour les 1<sup>res</sup> classes et un pour les deuxièmes.

Elles se composent de caisses de 12<sup>m</sup>, 470 de longueur totale, de 2<sup>m</sup>, 420 de largeur extérieure et de 2<sup>m</sup>, 336 de hauteur, renfermant 12 rangées transversales de sièges disposés comme celles des voitures automotrices.

Le nombre de places assises est de 37 ;

Le nombre de places debout est de 45.

Les portes d'entrée sont semblables à celles précitées.

L'aspect des caisses des voitures automotrices et d'attelage diffère selon leur constructeur. Certaines ont leurs faces formées de frises de pitchpin vernis ; tandis que d'autres ont des panneaux en tôle peints et vernis, les secondes classes sont jaune serin, et les premières classes grenat. Les facilités de nettoyage et d'entretien décideront du choix définitif pour le matériel futur.

Les caisses des voitures motrices et d'attelage sont montées sur des châssis en acier constitués en fer profilés, les longerons sont renforcés en leur milieu par des semelles rapportées qui leur donnent une forme de solide d'égale résistance.

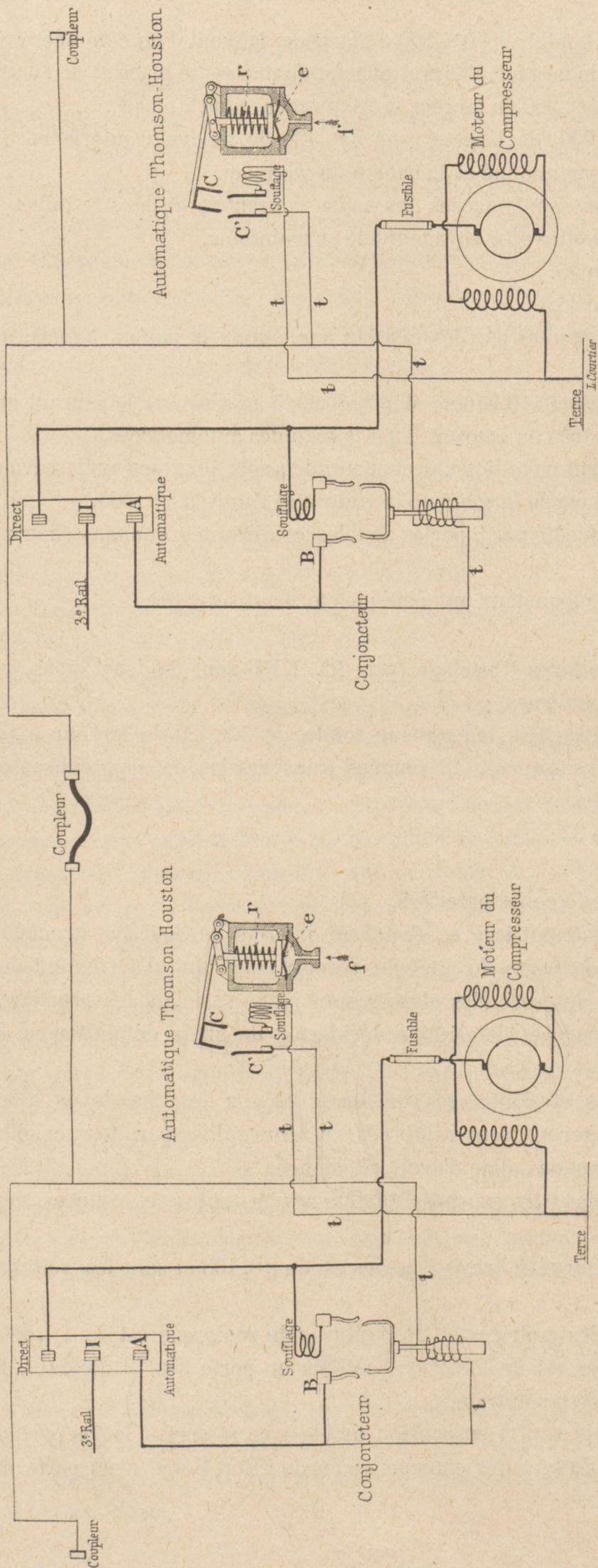
Afin de faciliter leur inscription dans les courbes de faible rayon, toutes ces voitures sont montées sur trucks bogies à pivot.

L'entre-axe des pivots pour les voitures motrices à bogies est de 9<sup>m</sup>, 100 et pour les voitures d'attelage de 8<sup>m</sup>, 450.

L'empatement des bogies arrière des motrices et des voitures de remorque est de 1<sup>m</sup>, 800, celui des bogies avant des motrices est de 2<sup>m</sup>, 250 ; ce dernier porte seul 2 moteurs, le nombre d'essieux moteurs est donc de 6 par train.

Les bogies en acier profilé assemblé sont à suspension simple avec ressorts à lames portant sur les boîtes à huile ; celles-ci sont du type des chemins de fer de l'État-Belge avec porte de visite et coussinets en bronze réglé.

Fig. 5. — APPAREILS AUTOMATIQUES DES COMPRESSEURS.



**Compresseur électrique. —**

Toutes les voitures sont équipées avec le frein à air comprimé Westinghouse. L'air est fourni par des compresseurs actionnés par un moteur électrique série, dont la consommation en marche normale est de 8,5 ampères sous 600 volts, le volume d'air aspiré par minute est de 880 litres.

Chaque motrice porte son compresseur; suivant que les motrices sont accouplées ou isolées, ceux-ci fonctionnent simultanément ou séparément; pour obtenir ce résultat, on a dû les grouper électriquement suivant la fig. 5.

La mise en marche ou l'arrêt du compresseur se fait normalement au moyen d'un conjoncteur disjoncteur qui est réglé de telle sorte que le compresseur démarre lorsque la pression tombe à 3 ks 5 et s'arrête lorsqu'elle atteint 5 ks 5.

Le courant arrive au centre de l'interrupteur à 2 directions I, si une avarie se produit à l'automatique il suffit de fermer l'interrupteur sur la machoire de la ligne directe pour faire fonctionner le compresseur. Donc, en marche normale l'interrupteur est branché sur la machoire A, en suivant le circuit nous trouvons en B un conjoncteur électro-magnétique, qui est ouvert lorsque le circuit t est fermé par les contacts C, C', ceux-ci sont manœuvrés par un appareil D, se composant d'un diaphragme e qui peut être soulevé par l'air contenu dans le réservoir principal arrivant en /; lorsque sa pression est suffisante pour vaincre l'action du ressort compensateur r.

On conçoit que lorsque la pression

de l'air dans le réservoir principal d'une quelconque des unités multiples atteint le minimum pour lequel le ressort a été réglé, les contacts C, C' ferment le circuit de  $t$  pour toutes les motrices accouplées ensemble et les interrupteurs B fonctionnent simultanément, le moteur du compresseur se met alors en marche, lorsque la pression a atteint sa limite  $t, t, t$ , est coupé en C, C'. Lorsque 2 ou plusieurs automotrices sont accouplées, il suffit, avec ce dispositif, de les relier par un seul fil pour que les compresseurs fonctionnent tous en même temps.

Chaque automotrice a ses réservoirs principaux à frein et ceux-ci sont tous reliés par une conduite spéciale parallèle à la conduite générale des freins.

Les sifflets avertisseurs des automotrices sont à air comprimé.

Les voitures possèdent à chaque extrémité deux boyaux d'accouplement: un pour la conduite spéciale et un pour la conduite générale.

Le système de choc et traction est central. Il se compose d'un tampon à double piston guide, un crochet d'attelage avec chapes à vis et deux chaînes de sûreté.

Le courant est pris sur le 3<sup>e</sup> rail au moyen de quatre frotteurs par motrice. Ces frotteurs sont formés d'un patin en acier coulé, supporté par des bielles à coulisse.

Cet ensemble est porté par une poutre en bois paraffiné, montée entre les deux boîtes à huile.

**Équipements électriques.** — Les voitures automotrices de la ligne N<sup>o</sup> 3 sont équipées électriquement avec des systèmes à unités multiples.

On sait que ce système a pour but de multiplier les unités motrices, afin de profiter des avantages suivants :

On obtient ainsi une adhérence aussi élevée que l'exige le démarrage tandis qu'avec la locomotive électrique les accélérations nécessaires ne peuvent être fournies qu'en augmentant de plus en plus le poids adhérent de la locomotive et par conséquent le tonnage total.

Le nombre d'unités motrices n'est limité que par le nombre de voitures d'un train, il peut être proportionné aux exigences du trafic à toute heure du jour d'où résulte une traction plus rationnelle et plus économique des trains.

Leur symétrie parfaite, leur réversibilité, leur divisibilité en deux ou plusieurs parties facilitent tout particulièrement les manœuvres de formation ou de dislocation dans les gares ou dépôts. En outre, le nombre des accidents graves et surtout des arrêts du service sera très sensiblement diminué, une avarie sur une automotrice n'entravant en rien le fonctionnement des autres.

Les faibles intensités qui passent dans les circuits de commande sont une garantie du bon fonctionnement.

Les conditions que se sont imposées les constructeurs en créant ce système étaient les suivantes :

1<sup>o</sup> Effectuer la commande de plusieurs voitures motrices par les appareils d'une quelconque d'entre elles, tout en permettant à chaque unité de reprendre son indépendance par une manœuvre simple ;

2<sup>o</sup> Modifier aussi peu que possible les voitures d'attelage du train.

Les systèmes à unités multiples employés sur la ligne N<sup>o</sup> 3 sont construits par la Société Th. Houston et la Société Westinghouse. Nous n'insisterons pas sur les détails de construction et d'exécution de ces deux systèmes, cependant, nous rappellerons qu'ils sont à contacteurs, c'est-à-dire à interrupteurs manœuvrés chacun par des servo-moteurs commandés à distance

électriquement et de surveillance facile. Ces appareils, en nombre sensiblement égal au nombre des crans de manipulateurs à tambour rotatif appelés contrôleurs, effectuent les mêmes combinaisons : insertion des résistances, couplage en série parallèle, marche avant et arrière.

**Unités multiples Thomson-Houston.** — Les voitures motrices comportent 2 circuits électriques distincts :

- 1<sup>o</sup> Un circuit principal amenant le courant aux moteurs, aux résistances, etc... ;
- 2<sup>o</sup> Un circuit de commande, à faible intensité actionnant à distance les contacteurs électromagnétiques.

*Circuit principal.* — Les circuits principaux des différentes automotrices sont autonomes et aboutissent à des frotteurs spéciaux. Chaque moteur est monté en série avec un jeu de résistances qui lui est propre.

Les deux jeux de résistances se trouvent donc placés en série ou en parallèle en même temps que leurs moteurs. Il en est de même des contacteurs, ce qui réduit au minimum l'intensité dans ces appareils et, par suite, leur échauffement.

Un inverseur actionné par le courant de commande, permet de faire varier le sens du passage du courant dans les moteurs et, par suite, leur sens de marche.

*Circuit de commande.* — Les circuits de commande des voitures sont réunis en un seul par l'intermédiaire des coupleurs spéciaux et du câble à 9 conducteurs régnant sur toute la longueur du train.

Ce circuit comprend, un certain nombre d'appareils qui sont dans l'ordre où les traverse le courant ; un interrupteur spécial, un fusible général, un contrôleur de commande, un interrupteur de sectionnement permettant d'isoler une motrice en coupant le circuit de commande local, un rhéostat de réglage destiné à permettre d'obtenir la même résistance dans les différents circuits, l'inverseur et les contacteurs. Un certain nombre de plombs fusibles sont disposés de telle sorte qu'il y en a toujours un en série dans chaque circuit.

**Unités multiples Westinghouse.** — Ces voitures motrices ont aussi 2 circuits électriques distincts :

- 1<sup>o</sup> Le circuit principal à 550 volts ;
- 2<sup>o</sup> Le circuit de commande à 14 volts.

Ce dernier circuit peut atteindre au maximum 2, 4 ampères, il n'offre donc pas de danger.

*Circuit principal.* — Les circuits principaux sont identiques pour les différentes motrices et indépendants l'un de l'autre ; ils aboutissent chacun aux frotteurs de prise de courant.

Chaque moteur est monté en série avec un jeu de résistances, les jeux de résistances sont donc en série ou en parallèle en même temps que les moteurs.

Sur chaque motrice se trouve un inverseur électro-pneumatique permettant de faire varier le sens du courant dans les induits des moteurs et par conséquent le sens de marche.

*Circuit de commande.* — Les circuits de commande sont réunis en un seul au moyen de coupleurs spéciaux et d'un câble à 7 conducteurs qui existe sur toute la longueur des trains.

Pour le courant de commande on a 2 batteries d'accumulateurs, l'une se charge en série avec la lumière pendant que l'autre se décharge.

Le courant de commande traverse un certain nombre d'appareils que nous allons examiner.

*Manipulateur.* — Le manipulateur est constitué par un tambour faisant contact avec les doigts fixes. De cette façon on réalise les différentes connexions nécessaires entre la batterie et les électro-aimants des différents contacteurs.

Toutes les manœuvres sont obtenues au moyen d'une seule manette, lorsque celle-ci est placée dans la position neutre, tous les circuits auxiliaires sont ouverts.

Le tambour du manipulateur est muni d'un ressort suffisamment puissant pour provoquer le retour à la position neutre aussitôt que le conducteur lâche la manette, ce qui entraîne immédiatement l'ouverture de tous les contacteurs.

*Contrôleur électro-pneumatique ou contacteur.* — Cet appareil remplace le contrôleur des équipements ordinaires, il contient 13 contacteurs disposés sur une base circulaire avec une bobine de soufflage placée au centre. Les contacteurs sont actionnés par des pistons à air se mouvant dans des cylindres verticaux. Une chambre à air centrale reçoit l'air et le distribue aux valves électro-magnétiques, d'où il entre dans les cylindres.

*Disjoncteur automatique d'intensité.* — Le disjoncteur automatique d'intensité est constitué par un relai et un interrupteur.

Aussitôt que le courant principal dépasse une intensité donnée, l'interrupteur est ouvert par le relai, ce qui produit instantanément l'ouverture de tous les contacteurs.

*Disjoncteur automatique de tension.* — Comme le disjoncteur d'intensité cet appareil est constitué par un relai et un interrupteur.

En cas d'interruption de courant sur la ligne, l'interrupteur ouvre le circuit de commande et tous les contacteurs à l'exception de 6 sont ouverts.

Si la ligne est remise en charge le train démarre normalement au cas où le wattman aurait maintenu la manette dans la position qu'elle occupait avant l'interruption de courant.

*Appareil de sûreté pour ramener le contacteur au zéro en cas d'application des freins.* — Un petit interrupteur à commande pneumatique est intercalé dans le circuit de commande, de sorte que si le frein vient à fonctionner pour une raison quelconque tous les contacteurs s'ouvrent.

*Réservoirs et Valves.* — L'air comprimé est amené des réservoirs principaux des freins à un réservoir auxiliaire par l'intermédiaire d'un clapet de retenue et d'une valve de réduction.

*Interrupteurs de sectionnement.* — En cas d'accident sur l'une des motrices, l'interrupteur permet d'isoler cette motrice de sorte que celle-ci entre dans la composition du train comme une remorque.

*Régulateur d'intensité.* — Cet appareil est constitué par un électro-aimant monté en série avec le moteur N° 2 et actionnant un interrupteur.

Tant que l'intensité dans les moteurs ne dépasse pas une certaine valeur fixée suivant la puissance des moteurs, l'interrupteur ferme le circuit, mais si en passant d'une position série ou parallèle à la suivante, l'intensité dans les moteurs devenait trop grande, l'interrupteur coupe le circuit. Cet appareil est donc un régulateur automatique de démarrage, il permet d'obtenir

des démarrages indépendants de la volonté du wattman et évite les surcharges trop grandes aux moteurs.

Afin de donner toute sécurité, tous les appareils de commande, le tableau de distribution, l'inverseur, les résistances, le compresseur, etc..., sont réunis dans la loge qui est entièrement métallique. Les moteurs du bogie avant sont placés en-dessous de cette loge, le câblage est ainsi réduit au minimum, et toute chance d'incendie provoquée par un arc ou par un court-circuit, est ainsi écarté.

Le réglage des appareils est tel que l'accélération des trains au démarrage en palier est de 0<sup>m</sup>,55 par seconde.

Les moteurs Thomson-Houston et Westinghouse dont les courbes caractéristiques sont annexées (Fig. 6 et 7) sont approximativement de même puissance, tous deux de 175 chevaux

Fig. 6. — MOTEUR THOMSON-HOUSTON. CARACTÉRISTIQUES EN CHARGE SOUS 550 VOLTS.

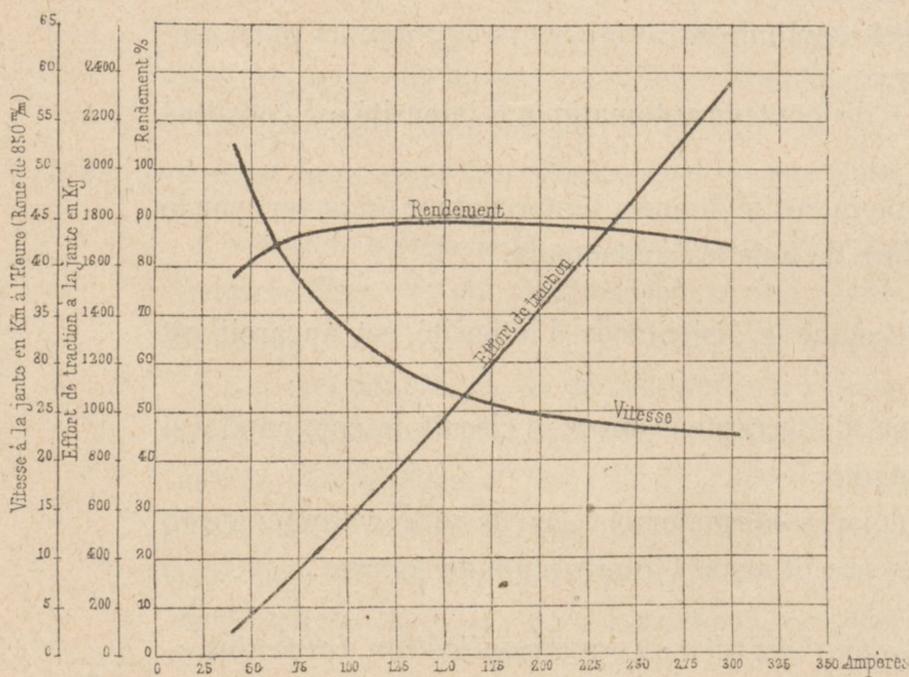
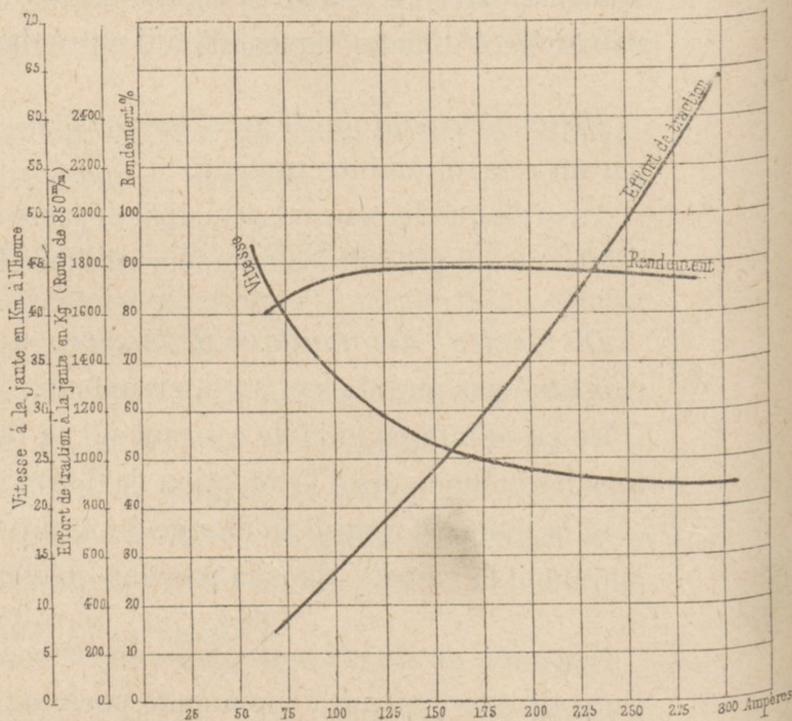


Fig. 7. — MOTEUR WESTINGHOUSE. CARACTÉRISTIQUES EN CHARGE SOUS 550 VOLTS.



environ. Cependant la vitesse des induits diffère, leurs rapports d'engrenages sont pour les moteurs de la Compagnie Thomson 2,29, pour les moteurs de la Compagnie Westinghouse 3,41.

Les moteurs sont portés d'un côté par un axe vertical muni de ressorts et de l'autre côté par l'essieu.

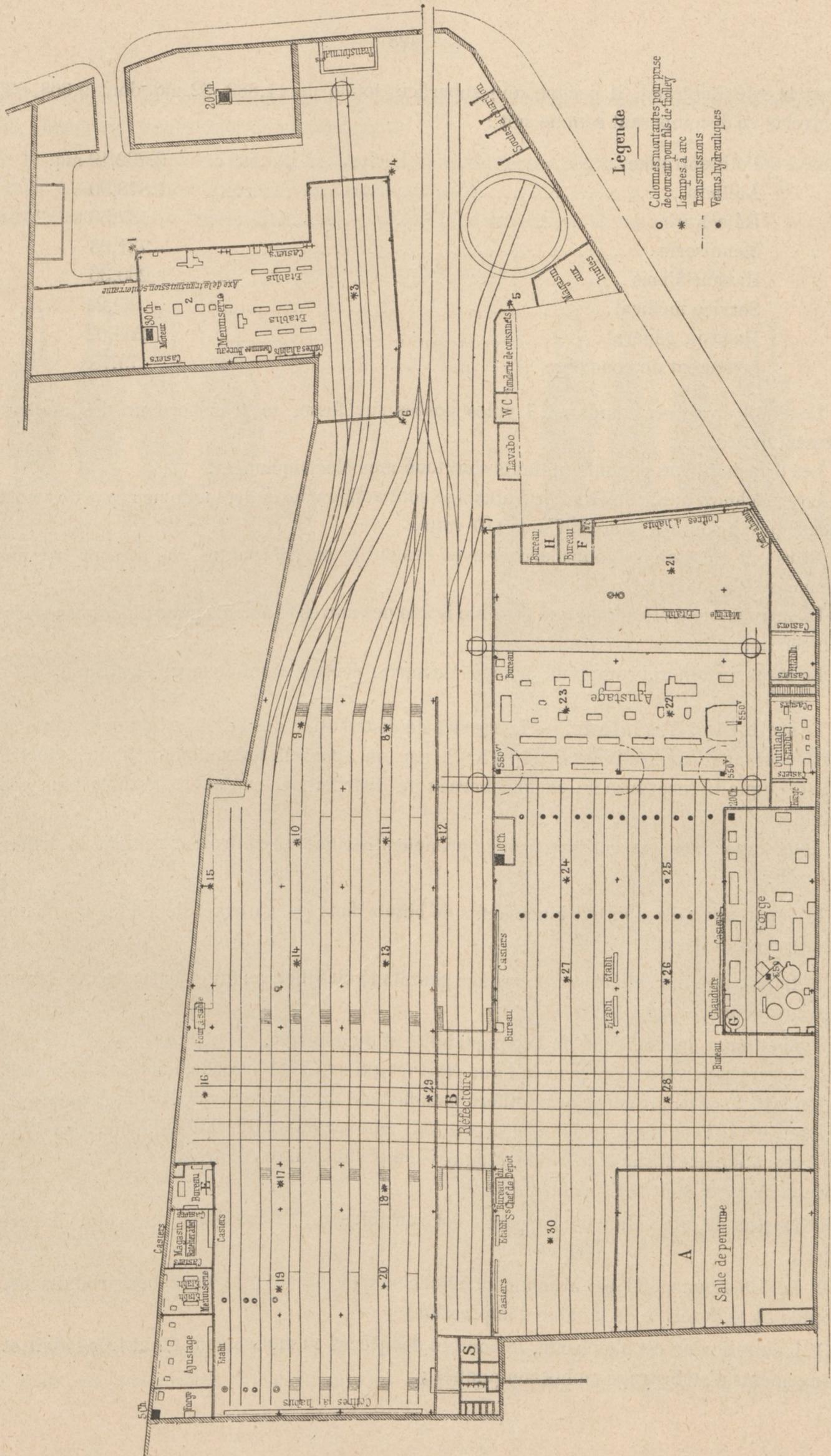
Les résistances sont constituées par des grilles en fonte isolées au mica.

Ce matériel très robuste est visité aux ateliers suivant un roulement tel que tous les 3 jours, les trains se rendent au Service de l'Entretien, qui passe une inspection détaillée de tous les organes, les répare et les nettoie.

Lorsque l'on constate un défaut ou une avarie trop importante pour être réparée par le personnel de l'Entretien, la voiture est différée à l'atelier de grande réparation qui est situé à l'extrémité nord de la ligne, à St-Fargeau.

**Atelier de St-Fargeau.** — L'atelier (Fig. 8) est situé dans le 20<sup>e</sup> arrondissement au coin des rues Pelleport et Belgrand relié à la ligne N° 3 par une rampe d'accès scuterraine

Fig. 8. — ATELIER DE ST-FARGEAU.



sous la rue Belgrand, il occupe une superficie totale de 11.883, 62 mq. dont 9.668, 03 mq. couverts se décomposant comme suit :

Petit entretien.....	3.292,19 mq.
Ateliers.....	4.878,90
Réfectoire.....	137,56
Menuiserie .....	731,98
Hangar à bois .....	200,36
Service médical .....	49,24
Magasin général .....	298,02
Logement du concierge .....	79,78

Le Petit entretien comprend 7 voies posées sur fosse, le transbordeur des ateliers les dessert toutes.

Les transbordeurs et ponts roulants sont tous mus électriquement.

Les machines outils de l'atelier d'ajustage sont actionnées individuellement par des moteurs électriques à courant alternatif sous 110 volts.

Elles ont été établies pour marcher avec des outils en acier extra dur et sont très perfectionnées.

La menuiserie a été autant que possible isolée des autres bâtiments pour diminuer les risques d'incendie.

Le Magasin général comprend 3 étages desservis par un monte-charge électrique.

**Distribution des billets.** — Le service de distribution des billets est assuré, dans chaque station, comme sur les lignes N° 1 et N° 2, par un appareil mécanique actionné électriquement, et que la receveuse de chaque bureau de distribution manœuvre avec la plus grande facilité.

Nous rappelons que cet appareil imprimeur-distributeur-contrôleur remplit le triple but suivant :

1° Suppression des approvisionnements de billets dans les gares, et de toutes les manutentions qui en dérivent ;

2° Impression immédiate et compostage simultané du billet, au fur et à mesure des demandes des voyageurs ;

3° Maximum de simplicité de la comptabilité et du contrôle.

Le type d'appareil adopté pour la ligne N° 3 (et qui avait été précédemment expérimenté sur la ligne N° 2, circulaire du Nord), diffère notablement du premier type étudié, et employé sur la ligne N° 1. Tandis que celui-ci procède par mouvements alternatifs, le nouveau type est basé essentiellement sur le principe d'impression par machines rotatives.

Ses avantages sont les suivants :-

1° Le prix de fabrication de l'appareil est sensiblement moins élevé que celui du premier type ;

2° Le fonctionnement est absolument silencieux (il n'y a plus de chocs produits par la montée ou la descente de la table d'impression) ;

3° L'entretien en est plus facile, le nombre des pièces en mouvement étant très réduit et les mouvements d'embrayage moins compliqués ;

4° Les bobines de carton sont disposées en haut et à l'extérieur de l'appareil et sont, par suite, plus faciles à surveiller et à remplacer ;

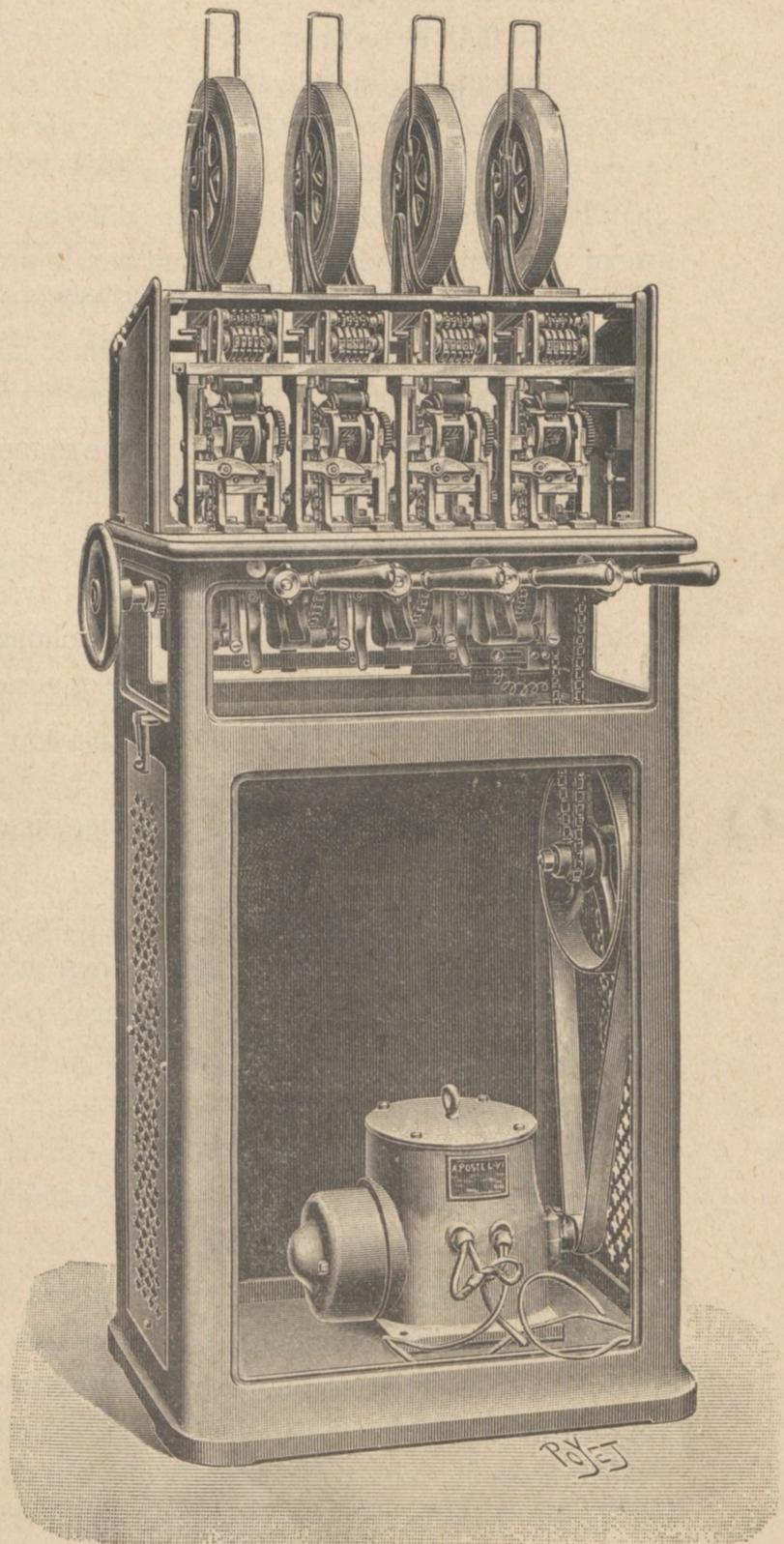
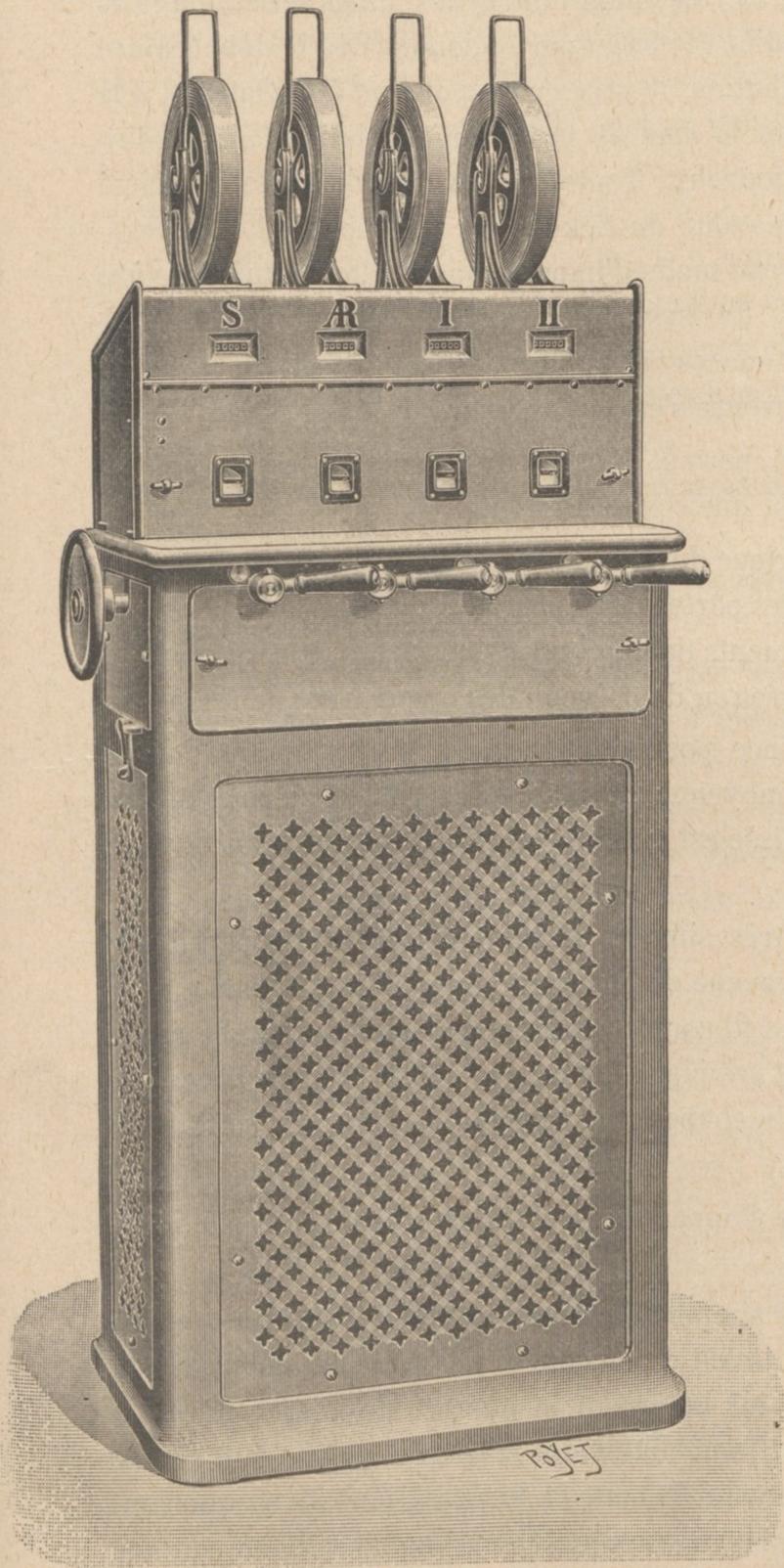
5° Le débit de l'appareil peut être augmenté dans de fortes proportions, suivant les besoins du service, sans nuire à la sécurité du fonctionnement.

Les figures 9 et 10 représentent cet appareil (vue extérieure et vue intérieure). Il se com-

Fig. 9.

APPAREIL DISTRIBUTEUR DE BILLETS.

Fig. 10.



pose essentiellement de quatre machines à imprimer rotatives, juxtaposées, chacune pouvant être mise en mouvement indépendamment des trois autres, au moyen de la manette

correspondante : en appuyant sur l'une quelconque des quatre manettes, on ferme le circuit électrique sur un petit moteur-série qui se met aussitôt en mouvement, et, en même temps, on débraye l'appareil-imprimeur situé immédiatement au-dessus de la manette ; un ticket sort de la trémie, est coupé par une cisaille, et tombe sur la tablette de l'appareil, tandis que le ticket suivant s'imprime et est totalisé sur un compteur spécial mis en mouvement par le mécanisme d'embrayage. Le numéro de référence du ticket sortant est reproduit par ce totalisateur, et on contrôle facilement, à travers la petite fenêtre ménagée dans la tôle supérieure, à l'aplomb des inscriptions S AR I II. (Voir Fig. 19.) La numérotation des billets se fait toujours de 1 à 100.000, et recommence à 1 sans interruption ; le billet porte, comme dès le début, entre autres indications, la date et l'heure de la distribution, le prix correspondant à la classe et à la catégorie demandées par le voyageur, ainsi que le nom de la station d'émission, c'est-à-dire tous les éléments suffisants pour un contrôle rigoureux. Toutefois, l'aspect du ticket imprimé par la machine rotative est un peu différent de celui du ticket émis par l'appareil à mouvement alternatif ; le léchage produit par le nouveau mode d'impression lui donne un caractère spécial lui servant, pour ainsi dire, d'identité. Un système de déclenchement automatique oblige l'appareil à s'arrêter de lui-même, soit en cas de rupture de carton, soit lorsque la bobine de carton arrive à sa fin sans que la receveuse s'en soit aperçu.

Un verrou, placé en regard de chaque manette, permet d'immobiliser, suivant les besoins du service, l'appareil-imprimeur correspondant ainsi que son totalisateur.

Enfin, un système d'enrayage, disposé à l'intérieur du mécanisme d'embrayage, bloque tout l'ensemble des mécanismes, lorsque l'on ouvre les portes de l'appareil, soit pour introduire la bande de carton, soit pour procéder aux changements de dates ou d'encriers. Cette disposition a été adoptée en vue d'éviter les fausses manœuvres ou de prévenir des manœuvres dangereuses.

Les moteurs-série employés sont réglés à l'avance pour donner une vitesse d'impression de 90 à 100 tickets à la minute, sous une tension moyenne de 525 volts ; ils ne dépensent que 0,3 ampère, en ordre de marche, et l'énergie utilisée est exactement proportionnelle au nombre des billets émis.

L'installation d'un appareil dans une gare est très simple : il suffit d'amener l'appareil tout monté ; on le place à dix centimètres environ à gauche de la tablette du guichet ; la partie mâle d'une fiche à deux prises reliée à l'appareil par un fil souple est alors introduite dans la partie correspondante fixée préalablement sur le circuit principal d'éclairage aboutissant au bureau de distribution et l'appareil est prêt à fonctionner. Un coupe-circuit fusible de 1 ampère suffit pour garantir de tout accident électrique.

Pour faire varier la vitesse de distribution de l'appareil, il suffit de changer la poulie de commande du moteur.

La comptabilité du bureau de recettes est très simple : la receveuse inscrit sur une feuille spéciale le numéro commençant et le numéro finissant de chaque totalisateur, au début et à la fin de son service ; trois ou quatre soustractions lui indiquent le nombre de billets qu'elle a vendus, et de simples multiplications lui donnent immédiatement la somme qu'elle doit verser à la Compagnie. Les versements s'opèrent au moyen de boîtes à finances portatives qui sont emmenées tous les soirs, par l'un des derniers trains, à la recette centrale qui se trouve en gare de l'Etoile.

Ces appareils ont été construits et fournis par la Société anonyme " L'appareil Contrôleur ". Le contrôle des recettes est assuré d'une façon absolument rigoureuse au moyen de ce sys-

tème, condition essentielle au point de vue des redevances que la Compagnie du Métropolitain est tenue de verser à la ville.

### SIGNAUX.

La régularité du service sur une ligne d'une telle intensité de trafic dépend beaucoup du système de signaux employé.

Aussi la position des signaux et la longueur des cantonnements ont été déterminés de telle sorte que les trains soient autant que possible équidistants.

Les signaux du système Hall, sont au nombre de 67 sur la ligne N° 3, répartis à raison de :

- 31 signaux d'entrée de gare ;
- 32 d° de sortie d° ;
- 4 signaux intermédiaires.

Ces derniers sont placés entre les stations trop espacées. La plus grande distance entre 2 signaux est de 486 mètres, la plus petite 132 mètres.

Le système Hall en usage sur les lignes N°s 1 et 2 depuis leur mise en exploitation se compose en principe de cinq éléments :

- 1° Les signaux proprement dits, arrêtant ou laissant passer les trains suivant que le disque est rouge ou blanc ;
- 2° Les pédales, actionnées par les bandages des roues des voitures et établissant ou interrompant les circuits dans les relais ;
- 3° Les relais, actionnant les signaux par fermeture ou ouverture de circuits électriques ;
- 4° Les batteries de piles, produisant l'énergie électrique nécessaire pour le fonctionnement des relais et signaux ;
- 5° Les circuits électriques reliant tous les appareils précédents.

Ces différents éléments sont groupés par postes ; chaque poste comprend : un signal, une pédale, des relais, et des batteries piles. Les différents postes sont réunis par les circuits électriques.

Pour protéger les manœuvres des trains dans les gares et aux communications de voie ou embranchement, on a placé des commutateurs d'aiguilles qui mettent automatiquement à l'arrêt les signaux qui couvrent ces aiguilles en ouvrant ou fermant les circuits intéressés.

Pour assurer le fonctionnement des signaux de fin de ligne, ou pour assurer la protection des gares terminus pendant les manœuvres, des boutons ou clés ont été placés dans ces gares permettant de fermer ou d'ouvrir les circuits intéressés.

Le système de ce block est à voie normalement fermée, tout signal (sauf celui de sortie d'une gare terminus) est toujours à l'arrêt lorsqu'il n'y a aucun train dans la section en arrière de ce signal.

Le 1<sup>er</sup> signal en tête de ligne (sortie d'une gare terminus) est normalement à voie libre, puisqu'il n'y a pas de section en arrière de ce signal pour commander sa mise à voie libre.

Tout signal normalement à l'arrêt se met à voie libre lorsqu'un train passe sur la pédale du poste en arrière de ce signal, s'il n'est pas bloqué à l'arrêt par un train précédent. Un signal reste bloqué à l'arrêt tant que la voie n'est pas libre jusqu'au deuxième poste en avant de ce signal, de telle façon que deux trains successifs soient séparés au moins par deux signaux à l'arrêt.

Les deux derniers signaux de bout de ligne fonctionnent d'une façon spéciale ; ils ne peuvent en effet être maintenus bloqués jusqu'au deuxième poste en avant de ces signaux, ce deuxième poste n'existant pas ; aussi restent-ils bloqués jusqu'à ce que l'agent de la gare terminus ait fait une manœuvre de bouton.

Tout signal, sauf le dernier de bout de ligne, a un appareil contrôleur pourvu d'une sonnerie qui tinte dès que le signal correspondant a été franchi au rouge par un train, mais à la condition que le signal franchi au rouge soit le premier des deux signaux bloqués par le train précédent.

Le circuit comprend un certain nombre de postes réunis par des fils de ligne. Chaque poste comprend généralement : une pédale ; deux relais : l'un dit relais de voie, et l'autre relais de contrôleur ; un signal et deux batteries de piles.

La ligne se compose de quatre fils, dont l'un, celui du haut, est le fil de retour commun à tous les circuits.

Les postes de bout de ligne (entrée des gares terminus) possèdent quatre relais et six batteries de piles ; ceux de tête de ligne (sortie des gares terminus) n'ont ni relais ni batteries.

Un système de signaux, utilisant le courant de traction, est en essai dans la boucle de Villiers, mais les résultats obtenus n'ayant pas été publiés, il nous est impossible d'en expliquer le fonctionnement, ce qui nous entraînerait d'ailleurs au-delà des limites que nous nous étions fixées

---

Fig. 1 - Élévation-coup

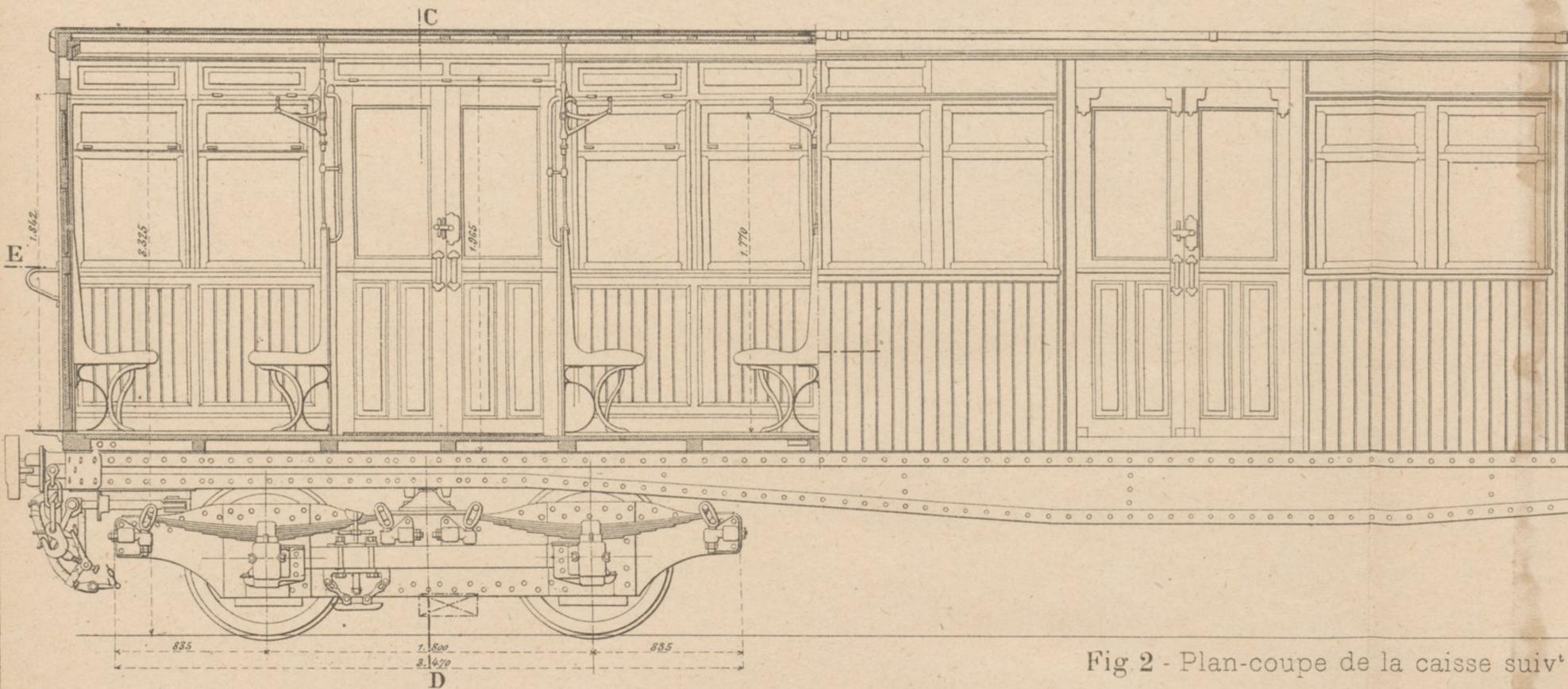


Fig. 2 - Plan-coupe de la caisse suivt

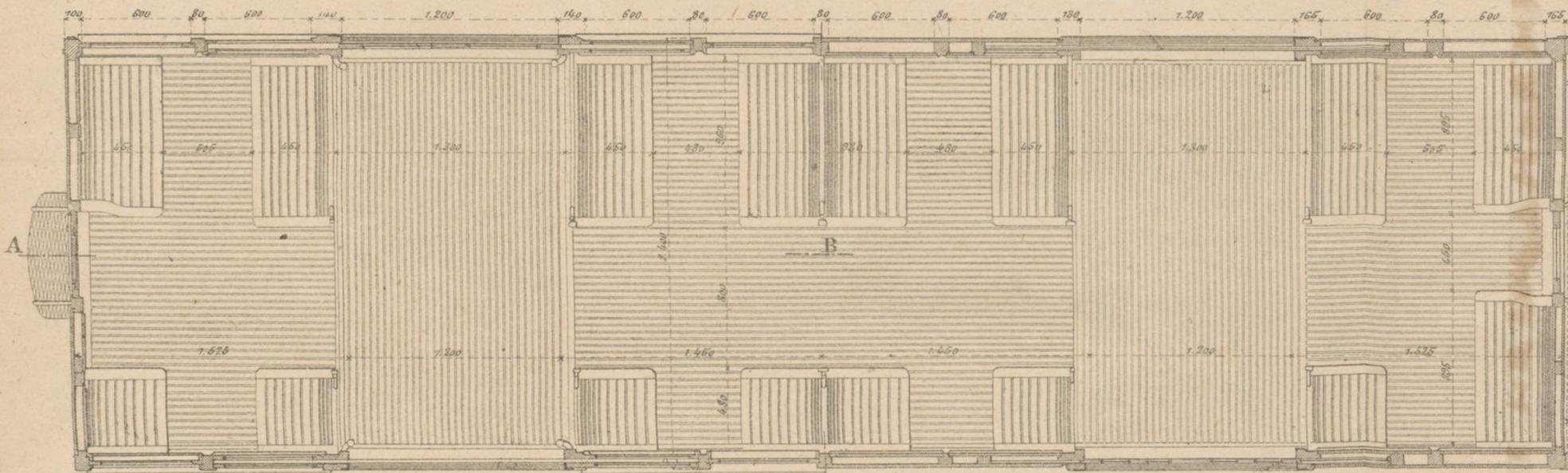


Fig. 3 - Plan du châssis

Entre pivot des bogies : 3<sup>m</sup>.100  
Longueur totale du châssis : 13<sup>m</sup>.320

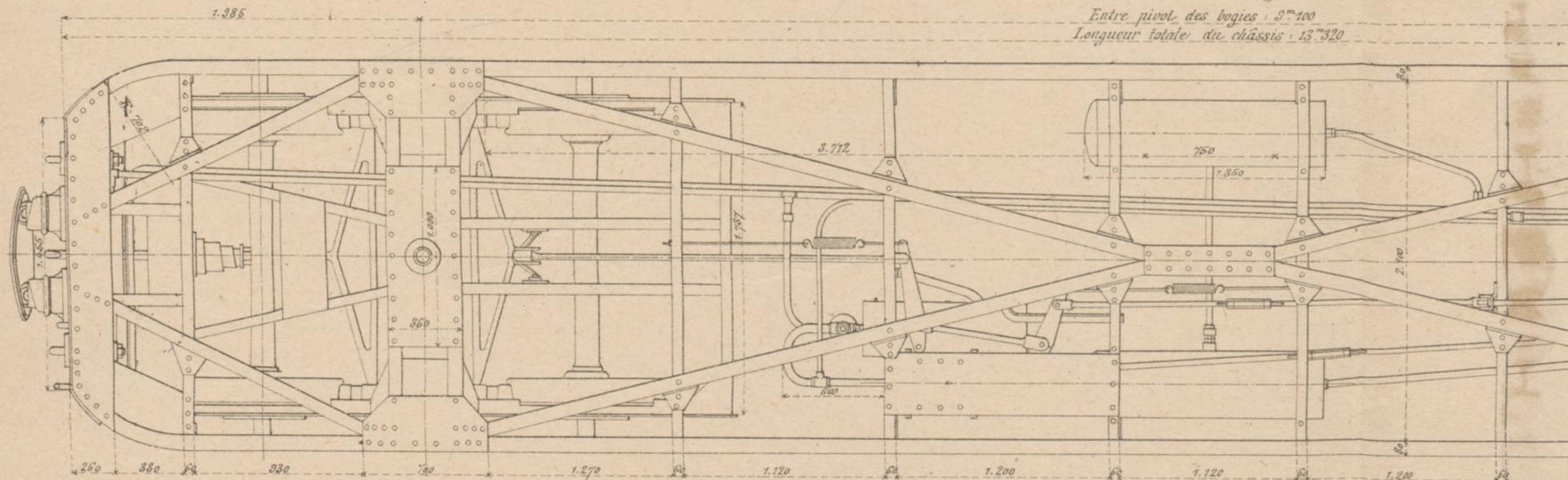




Fig. 1 - Vue en élévation

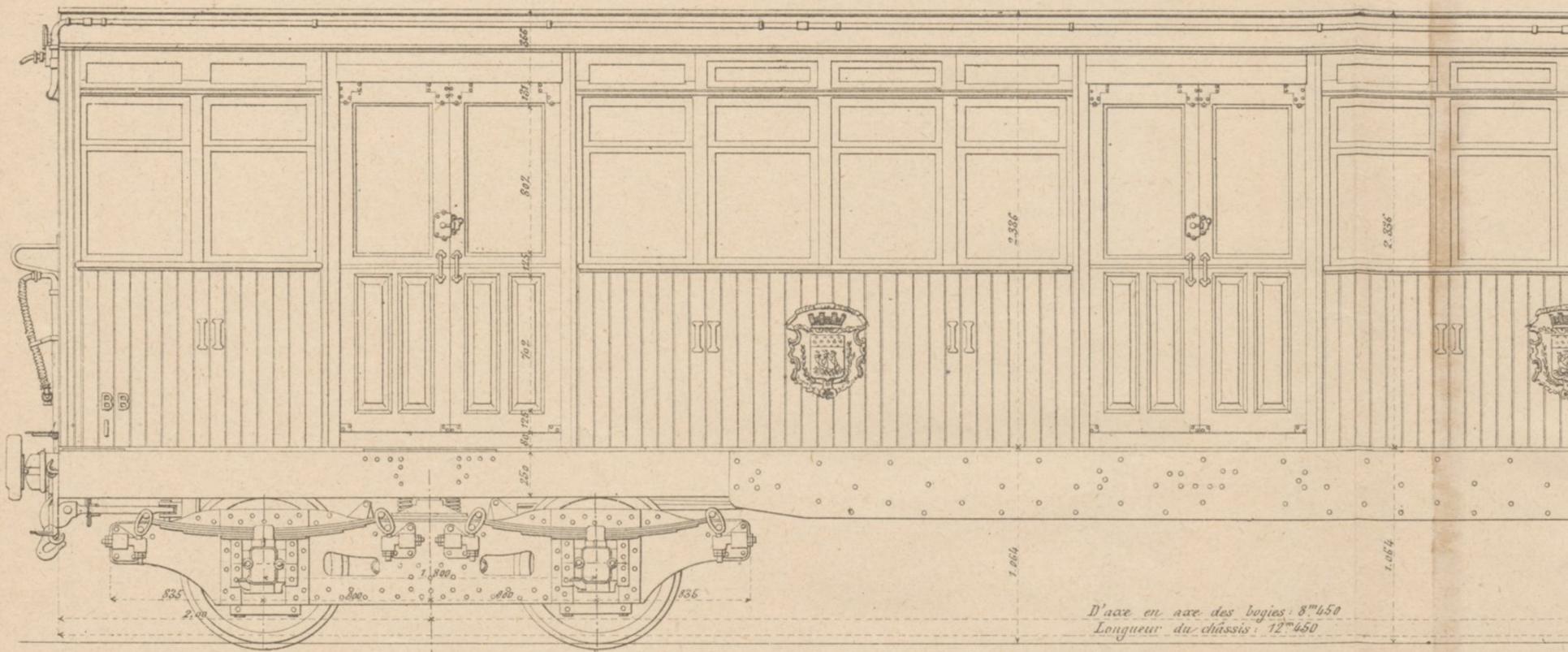


Fig. 2 - Coupe longitudinale

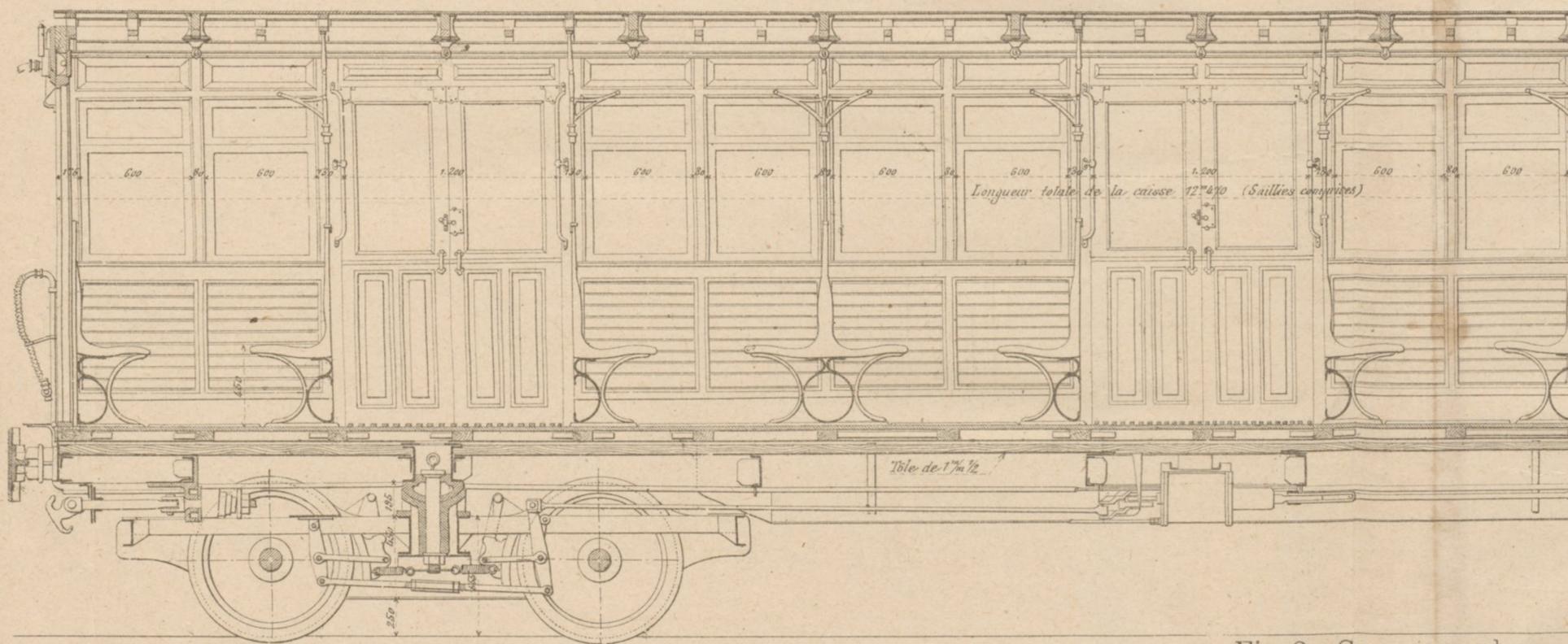


Fig. 3 - Coupe en plan

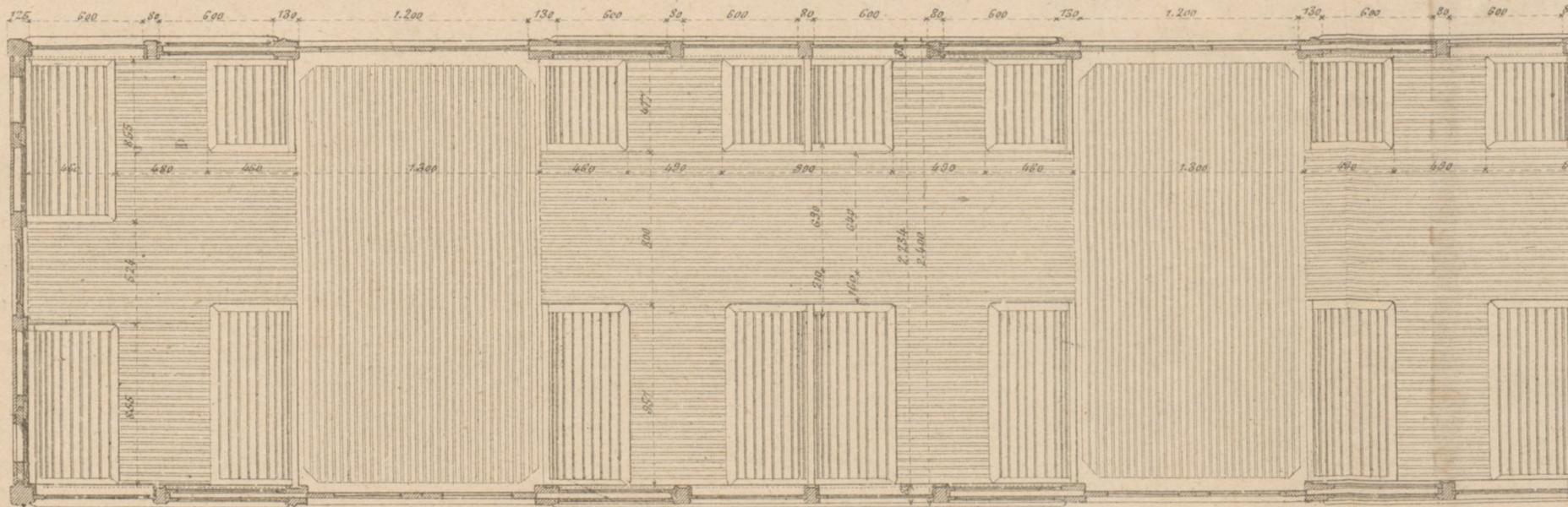
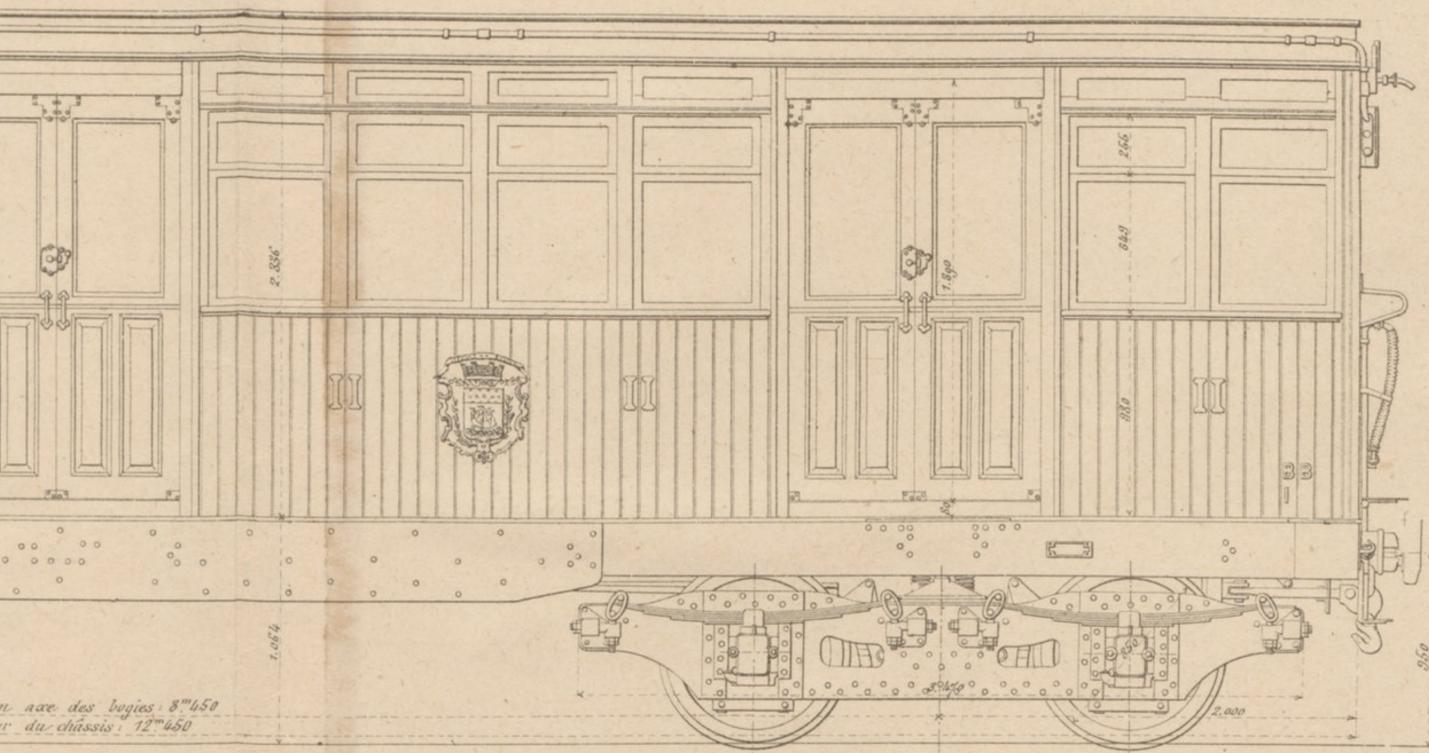
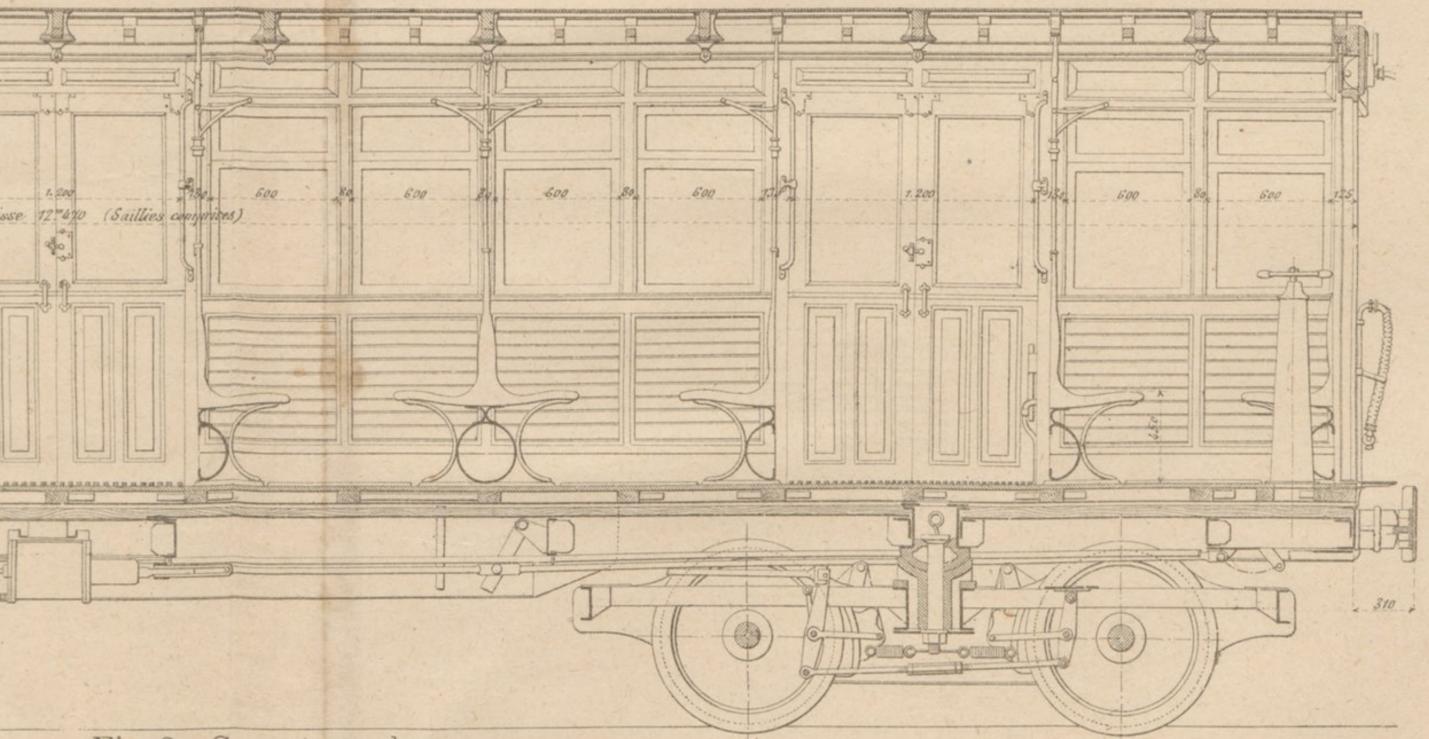


Fig. 1 - Vue en élévation



en axe des bogies: 8<sup>m</sup>450  
sur du châssis: 12<sup>m</sup>450

Fig. 2 - Coupe longitudinale



largeur: 12<sup>m</sup>450 (saillies comprises)

Fig. 3 - Coupe en plan

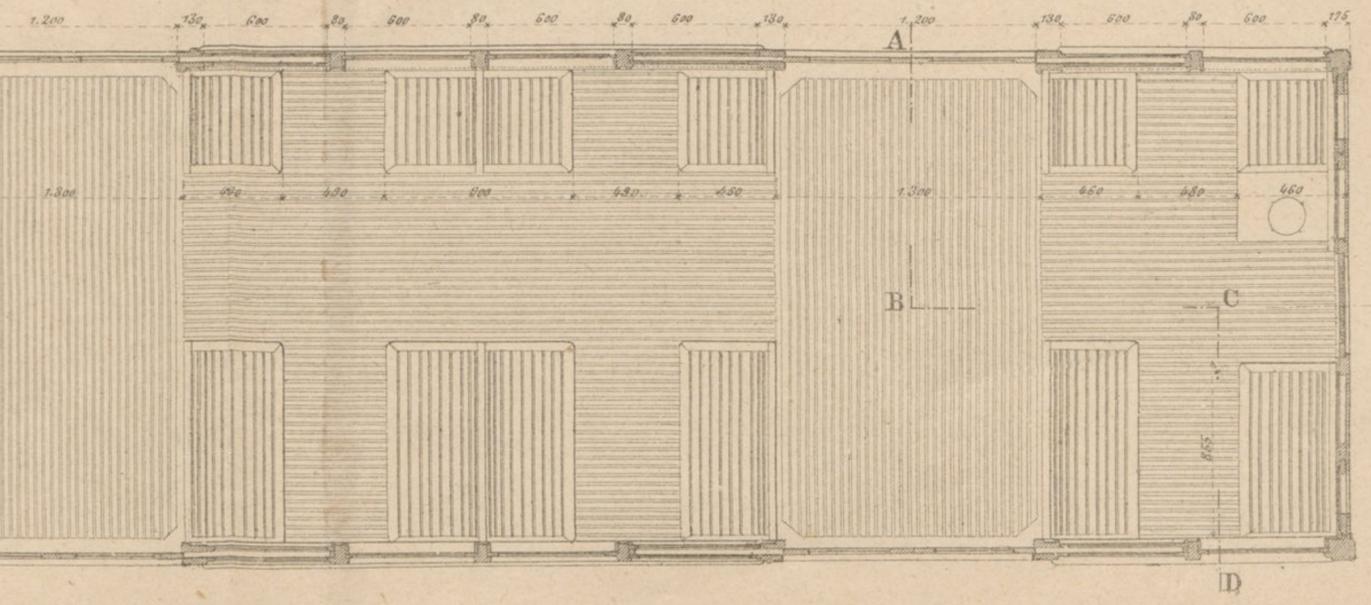
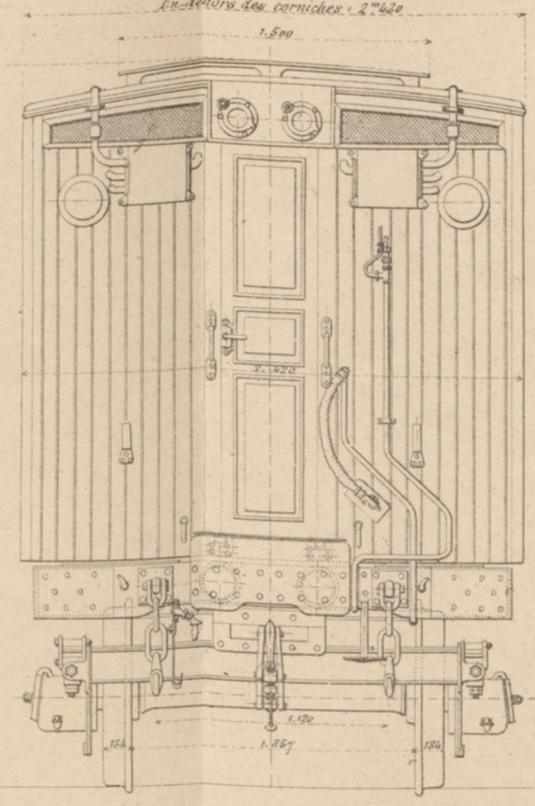
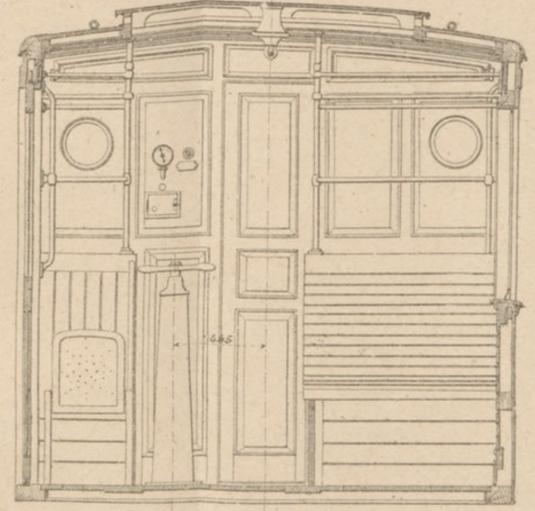


Fig. 4 - Vue par bout côté frein à main



Du dessous du rail au dessous du lanterneau: 5<sup>m</sup>400 (cote rigoureuse)

Fig. 5 - Coupe transv<sup>le</sup> par ABCD



CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN  
VOITURE DE REMORQUE  
à bogies  
ENSEMBLE  
Échelle 1/40