NOTE

SUR

L'ÉLECTRIFICATION des LIGNES de BANLIEUE

DES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT

PAR

M. C. THOMAS,

INGÉNIEUR DU SERVICE ÉLECTRIQUE DES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT.

Extrait de la **Revue Générale des Chemins de fer**

(Nos de Juillet et Août 1924).

PARIS

DUNOD

92, RUE BONAPARTE (VI)

Tous droits réservés.

AE 39
/4a3

La **Revue Générale des Chemins de fer** paraît mensuellement, depuis Juillet 1878, sous le patronage et avec la collaboration d'un *Comité de Rédaction* composé actuellement de :

MM.

Salomon, Ingénieur en chef honoraire du Matériel et de la Traction de la Compagnie des Chemins de fer de l'Est, ancien membre du Comité de l'Exploitation technique des Chemins de fer, *Président.*

Berthelier, Directeur de la Société générale des Chemins de fer économiques.

Descubes, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Directeur des Travaux de la Compagnie des Chemins de fer de l'Est.

Javary, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Directeur de l'Exploitation de la Compagnie du Chemin de fer du Nord.

Herdner, Ingénieur en chef honoraire du Matériel et de la Traction de la Compagnie des Chemins de fer du Midi.

Heurteau, Ingénieur en chef des Mines en retraite, Administrateur de la Compagnie du Chemin de fer d'Orléans. Fondateur. Membre honoraire.

MM.

Le Grain, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Directeur de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.

Mange, Directeur de la Compagnie du Chemin de fer d'Orléans.

Margot, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Directeur Général de la Compagnie des Chemins de fer Paris-Lyon-Méditerranée.

Monmerqué, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, en retraite.

Peschaud, Secrétaire Général du Comité de Direction des grands réseaux de Chemins de fer. Secrétaire Général de la Compagnie du Chemin de fer d'Orléans.

Siegler, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées en retraite, Ingénieur en chef honoraire de la Voie et des Travaux de la Compagnie des Chemins de fer de l'Est.

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL :

M. **Godfernaux,** Ingénieur. Membre du Comité des Travaux publics des Colonies.

Secrétariat : 88, Rue Saint-Lazare, PARIS (IXe)

RÉDACTION DE LA CHRONIQUE :

MM.

Conte, Ingénieur en Chef adjoint de l'Office Central d'Études de Matériel de Chemins de fer.

Grelat, Secrétaire général adjoint du Comité de Direction des grands réseaux de Chemins de fer.

MM.

Langlade, Inspecteur Principal de l'Exploitation (services techniques) de la Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée.

Piot, Chef du Contentieux de la Compagnie des Chemins de fer du Midi.

BUT DE LA REVUE GÉNÉRALE DES CHEMINS DE FER

Les études et les travaux publiés en France et à l'étranger sur les chemins de fer, et plus généralement sur la question des transports, étaient disséminés dans diverses publications périodiques.

La *Revue Générale des Chemins de fer* a pour but de réunir et de centraliser toutes les publications spéciales relatives à l'industrie des chemins de fer. Elle est destinée à tenir tous ceux qui s'occupent de ces importantes questions, au courant des travaux exécutés, des progrès tentés et réalisés, et, en général, de tous les faits techniques ou commerciaux qui, en France ou à l'étranger, présentent quelque intérêt.

Elle publie, tout à la fois, des articles spéciaux relatifs à la construction des chemins de fer, à leur entretien, à l'établissement du matériel fixe et roulant, à la traction, etc. ; des études économiques ou financières, des résultats ou renseignements ayant trait à l'exploitation technique ou commerciale, tels que : dispositions de gares, manutention, télégraphie et application de l'électricité, chauffage et éclairage des gares et des trains, tarifs, jurisprudence, comptabilité, statistique, etc. Elle donne, d'une façon complète, la statistique annuelle des principaux chemins de fer du monde.

En un mot, la *Revue Générale des Chemins de fer* constitue, en France, l'organe spécial des chemins de fer et, à ce titre, elle mérite d'appeler l'attention de toutes les personnes qui s'intéressent à la grande industrie des transports, ainsi qu'on pourra, d'ailleurs, le constater par les **Tables générales des Matières** parues dans cette publication du 1er Juillet 1878 au 1er Janvier 1921.

NOTE

SUR

L'ÉLECTRIFICATION des LIGNES de BANLIEUE

DES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT

PAR

M. C. THOMAS,

INGÉNIEUR DU SERVICE ÉLECTRIQUE DES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT.

Extrait de la **Revue Générale des Chemins de fer**

(Nos de Juillet et Août 1924).

PARIS

DUNOD

92, RUE BONAPARTE (VI)

Tous droits réservés

NOTE

SUR

L'ÉLECTRIFICATION DES LIGNES DE BANLIEUE

DES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT

Par M. C. THOMAS,

INGÉNIEUR DU SERVICE ÉLECTRIQUE DES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT.

Toute la région de la banlieue parisienne située à l'ouest, très dense comme population, est desservie par les lignes du Réseau des Chemins de fer de l'État (Fig. 1). Ces lignes aboutissent à Paris aux trois gares suivantes : Saint-Lazare sur la rive droite, Invalides et Montparnasse sur la rive gauche.

Cette région comprend deux parties distinctes :

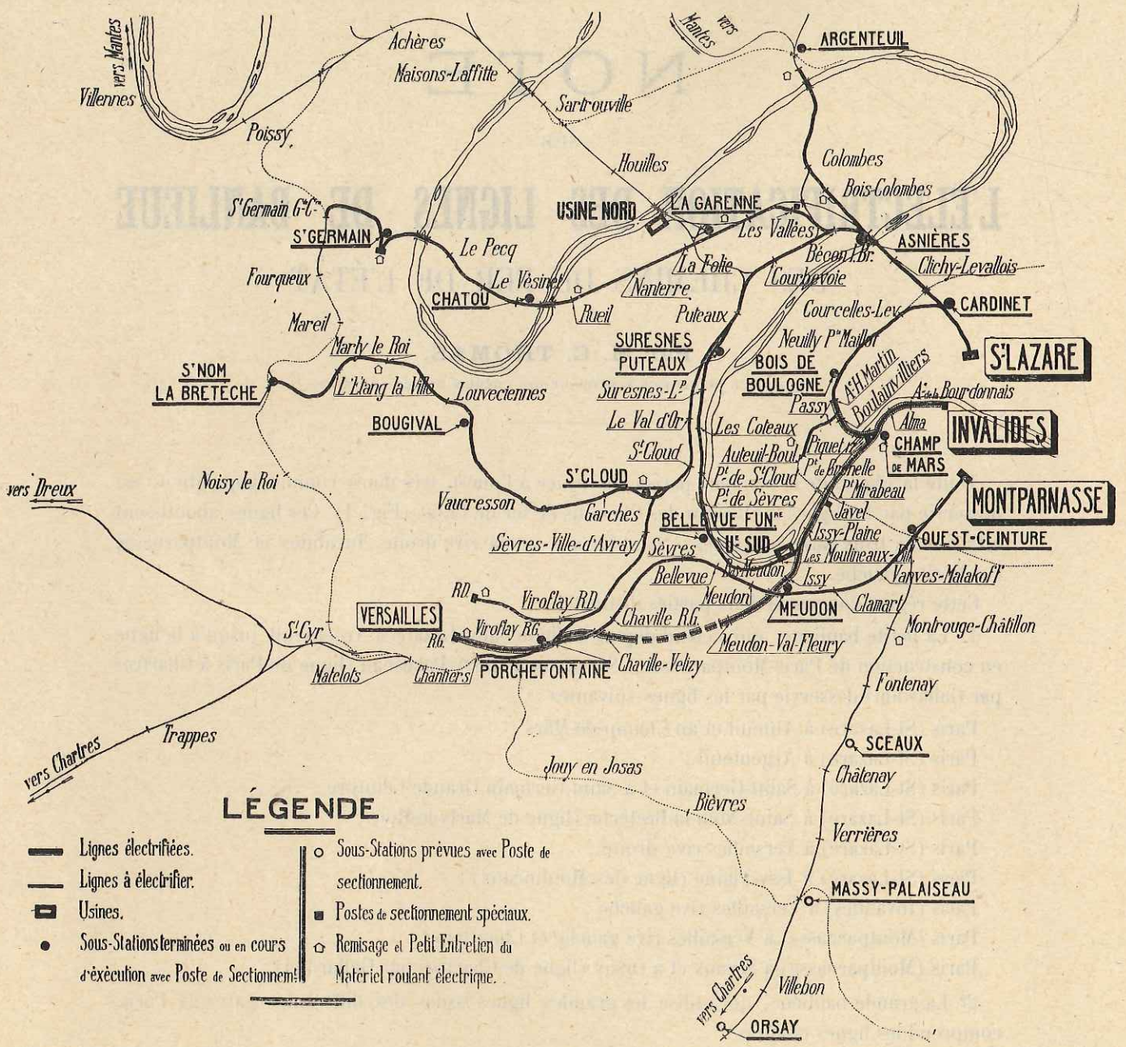
1° La petite banlieue, qui s'étend depuis la ligne Saint-Lazare à Argenteuil jusqu'à la ligne en construction de Paris-Montparnasse à Sceaux et à Massy-Palaiseau (ligne de Paris à Chartres par Gallardon) desservie par les lignes suivantes :

Paris (St-Lazare) à Auteuil et au Champ-de-Mars ,
Paris (St-Lazare) à Argenteuil ;
Paris (St-Lazare) à Saint-Germain et à Saint-Germain Grande Ceinture ;
Paris (St-Lazare) à Saint-Nom-la-Bretèche (ligne de Marly-le-Roi) ;
Paris (St-Lazare) à Versailles rive droite ;
Paris (St-Lazare) à Issy-Plaine (ligne des Moulineaux) ;
Paris (Invalides) à Versailles rive gauche ;
Paris (Montparnasse) à Versailles rive gauche et Chantiers ;
Paris (Montparnasse) à Sceaux et à Orsay (ligne de Chartres par Gallardon) ;

2° La grande banlieue, qui utilise les grandes lignes issues des différentes gares de Paris, comprend les lignes ci-après :

Paris (St-Lazare) à Mantes par Argenteuil ;
Paris (St-Lazare) à Mantes par Poissy ;
Paris (St-Lazare) à Pontoise par Achères ;
Paris (St-Lazare) à Pontoise par Conflans ;
Paris (Invalides) à Dreux ;
Paris (Invalides) à Mantes-Gassicourt par Plaisir-Grignon et Epône-Mézières ;
Paris (Invalides et Montparnasse) à Chartres par Rambouillet ;
Paris (Montparnasse) à Chartres par Gallardon (en construction).

Fig. 1. — Carte du réseau des lignes à électrifier



Le développement total de ces lignes, qui dépasse actuellement 800 kilomètres de voie simple, atteindra 1.000 kilomètres environ, dans quelques années, lorsque les divers doublements et raccordements prévus seront exécutés et que la nouvelle ligne de Chartres par Gallardon sera ouverte au public.

La population de cette région s'accroît d'une façon régulière. Il s'ensuit une augmentation parallèle du nombre de voyageurs transportés, augmentation croissante et de l'ordre de 4 à 5 % par an environ.

Il résulte de cette situation que le Réseau des Chemins de fer de l'État a vu les difficultés d'exploitation de ses lignes de banlieue s'accroître considérablement dans ces dernières années. L'application de la journée de huit heures a encore compliqué cette situation en raccourcissant, matin et soir, les périodes de trafic intensif. C'est ainsi que le nombre maximum de voyageurs expédiés par la gare Saint-Lazare pendant l'heure la plus chargée (de 18 *h*,30 à 19 *h*,30) qui était de 13.000 en 1910 atteignait 18.000 en 1920, et dépasse actuellement 23.000.

Les aménagements de la gare Saint-Lazare ne permettant pas d'augmenter le nombre des trains, pour faire face à ces augmentations considérables de trafic, le Réseau a dû intensifier, jusqu'au maximum, le service des trains aux heures les plus chargées. C'est ainsi que leur composition a été portée jusqu'à la limite admise par la longueur des quais (22 véhicules) et qu'à certaines heures, des trains circulent avec une surcharge considérable.

Depuis longtemps déjà, le Réseau avait envisagé la possibilité d'augmenter ses moyens d'action et c'est surtout sur la banlieue rive droite, desservie par la gare Saint-Lazare, que son attention avait été attirée.

C'est ainsi que, dès 1908, la Compagnie de l'Ouest avait présenté un avant-projet destiné à permettre l'organisation d'un service de trains électriques sur les lignes de Paris-Saint-Lazare à Saint-Germain et à Argenteuil et dont les caractéristiques étaient les suivantes :

1° Exploitation des lignes de Paris à Saint-Germain et à Argenteuil par la traction électrique et sur des voies indépendantes ;

2° Agrandissement de la gare Saint-Lazare par une gare souterraine, au niveau de la cour de Rome, et réservée aux trains des lignes électriques ;

3° Modification dans l'affectation des voies des trois tunnels de Batignolles et création de deux tunnels nouveaux superposés, le long de la rue de Rome, celui du dessous étant destiné à la nouvelle ligne électrique.

En reprenant la gestion de la Compagnie de l'Ouest, les Chemins de fer de l'Etat ont examiné à nouveau l'avant-projet en question et entrepris une nouvelle étude ayant pour base l'extension de l'électrification à toute la petite banlieue rive droite. Cette étude, présentée en 1910, comprenait deux parties distinctes :

A. — L'électrification des lignes de la petite banlieue rive droite ;

B. — Les travaux d'amélioration de la gare Saint-Lazare.

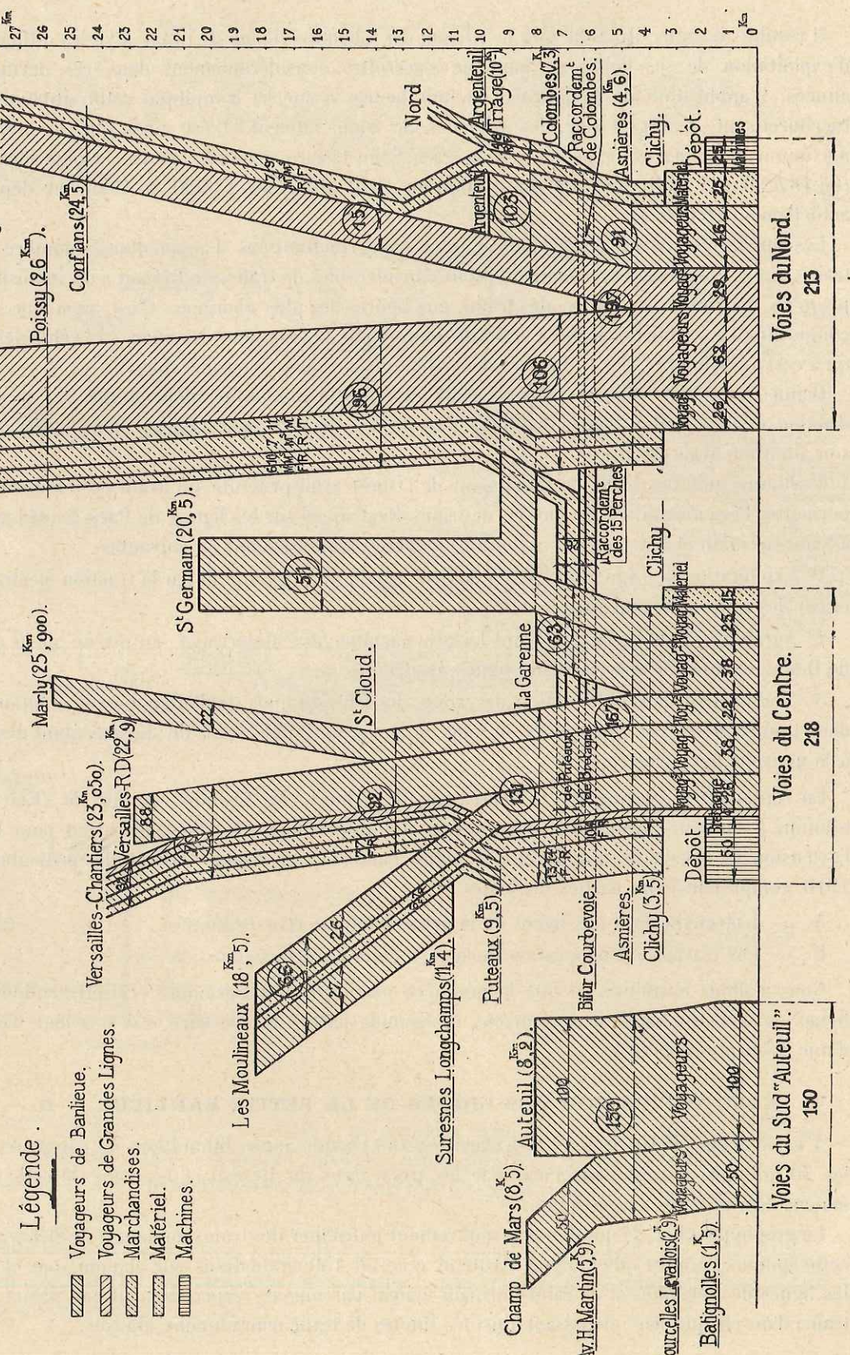
Nous n'allons examiner ici que la première partie de ce programme : l'électrification des lignes de la petite banlieue rive droite, la seconde partie devant faire, s'il y a lieu, l'objet d'une description spéciale.

ÉLECTRIFICATION DES LIGNES DE LA PETITE BANLIEUE R. D.

A ce moment (1910) la gare St-Lazare recevait chaque année 60 millions de voyageurs sur les 70 millions entrant dans Paris par les trois gares du Réseau et les voies de cette gare étaient déjà utilisées au maximum.

Le graphique (Fig. 2) qui donne le mouvement journalier des trains au départ de St-Lazare à cette époque, montre que la ligne d'Auteuil recevait 150 circulations sur chaque voie et que les lignes de Versailles et de Saint-Germain étaient parcourues respectivement par 218 et 213 trains dans chaque sens, dépassant ainsi les limites de trafic couramment admises.

Fig. 2. — MOUVEMENT JOURNALIER DES TRAINS AU DÉPART DE PARIS-ST-LAZARE.



En outre, on était obligé d'employer un matériel très important par suite de l'impossibilité de modifier la composition des rames pendant les parcours correspondant aux heures creuses, afin de les proportionner au nombre de voyageurs. Ce matériel était d'environ 1.400 voitures et de 150 locomotives, et l'utilisation des places ne dépassait pas, en moyenne, 18 à 20 %. Il en résultait des dépenses de traction et d'entretien élevées. En outre, la vitesse commerciale des trains n'était que de 25 kilomètres à l'heure pour les trains omnibus, et de 35 à 45 kilomètres pour les semi-directs et directs.

Le mode d'exploitation employé était donc insuffisant et on ne pouvait y remédier par suite du nombre limité des voies de Paris-Saint-Lazare et des difficultés de circulation des trains aux abords de Paris.

L'emploi de la traction électrique pouvait seule permettre de remédier à ces inconvénients, car, avec ce mode de traction, on peut employer des trains réversibles et parfaitement décomposables. Avec la traction à vapeur, en effet, on est obligé de faire des manœuvres longues et compliquées pour la mise en tête et le retrait des locomotives ; ces manœuvres immobilisent, pendant leur durée, un certain nombre de voies, tandis qu'avec la traction électrique, en employant des voitures automotrices pouvant être commandées à volonté des deux extrémités de la rame, on évite toutes ces manœuvres.

De plus, l'emploi de rames composées d'un certain nombre de voitures automotrices permet de sectionner ces rames et de proportionner ainsi le nombre de voitures à la quantité de voyageurs ; ce sectionnement est grandement facilité par l'emploi des attelages automatiques.

En outre, l'adoption de la traction électrique permet d'augmenter la vitesse commerciale car les mises en vitesse sont beaucoup plus rapides qu'avec les locomotives ; on peut ainsi arriver à renforcer considérablement, par rapport à la vapeur, le débit d'une ligne.

Mais, pour que ce résultat soit obtenu, il faut admettre la même vitesse pour tous les trains d'une même ligne, il faut donc répartir les trains sur les différentes voies suivant leur fréquence et leur vitesse. C'est ainsi que l'on a été amené à spécialiser les voies parcourues par les trains de grandes lignes, ainsi que les voies affectées aux trains de banlieue. D'autre part, les statistiques ont montré que les voyageurs de petite banlieue partant de Saint-Lazare se répartissaient à peu près également entre trois zones.

Une première zone allant jusqu'à Bécon-les-Bruyères et Bois-Colombes (5 *km*) ; une deuxième se terminant à Saint-Cloud, Rueil, Houilles et Argenteuil (10 à 15 *km*) et une troisième zone aboutissant jusqu'à l'extrémité des lignes de Versailles, Saint-Germain, Moulineaux, Marly, Pontoise. Sur les deux lignes de grande banlieue : Mantes par Poissy et Argenteuil, la troisième zone est limitée à Poissy et à Conflans-Sainte-Honorine ; une quatrième zone s'étend jusqu'aux Mureaux et Meulan-Hardricourt et une cinquième zone va jusqu'à Mantes.

On a été ainsi amené à concevoir l'exploitation de la banlieue par zones, afin de réduire les circulations inutiles, chaque zone étant desservie par des trains spéciaux ne s'arrêtant pas dans les autres, ce qui a pour résultat d'augmenter encore la vitesse commerciale.

Parmi les divers systèmes de traction électrique en usage, le Réseau des Chemins de fer de l'État a adopté le courant continu à 650 volts pour la réalisation de son programme d'électrification.

Fig. 4. — Plan d'ensemble de l'Usine Sud.

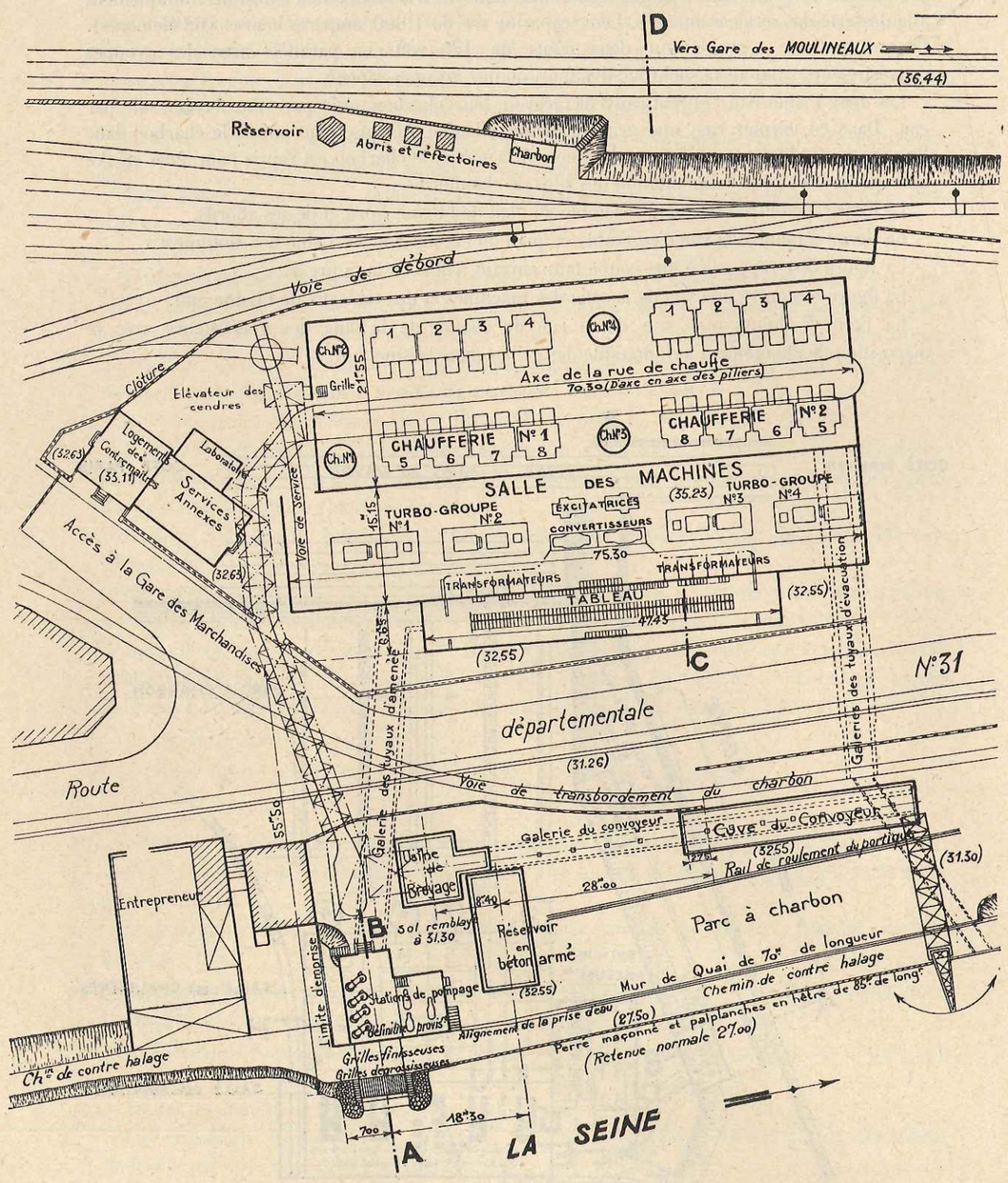


Fig. 5. — Coupe suivant A B C D de la fig. 4.

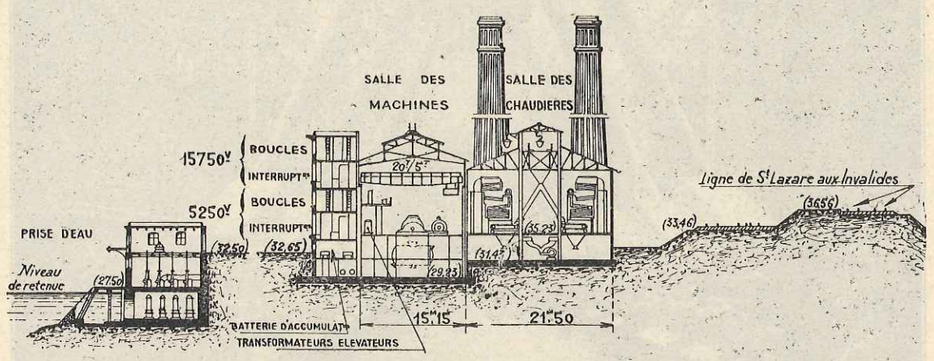


Fig. 6. — Vue de la salle des machines et des tableaux de l'Usine Sud.

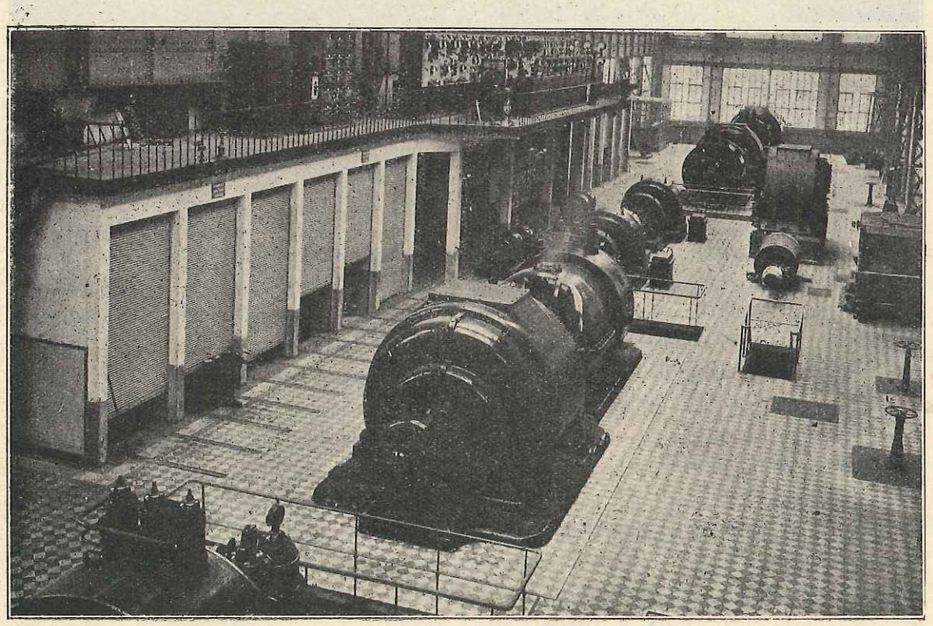
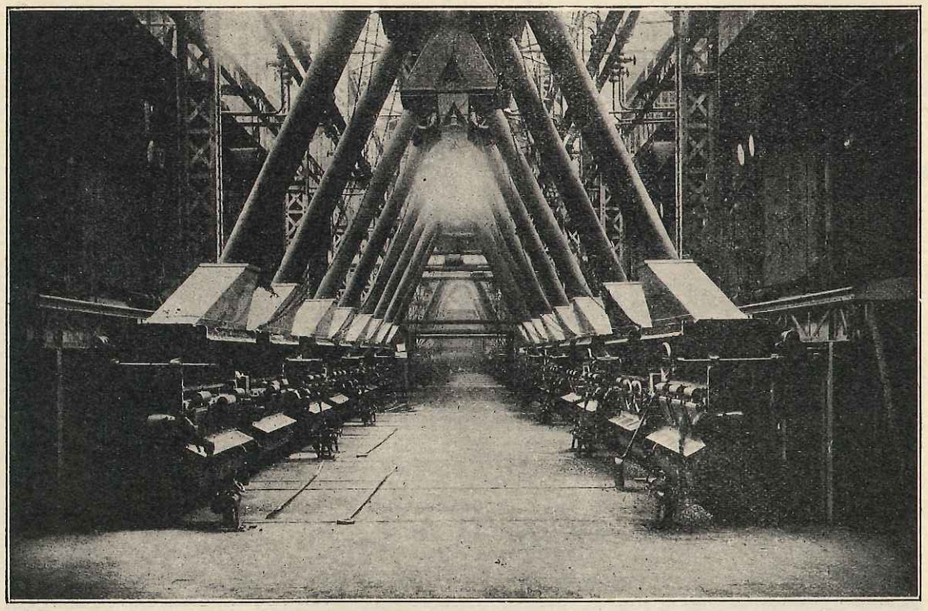


Fig. 7. — Vue d'une rue de chauffe de la salle des générateurs de l'Usine Sud.



Les deux Usines Nord et Sud sont complètement terminées et tous les groupes fonctionnent. On voit que la puissance installée correspond, pour chaque usine, à 20.000 kilowatts. Pour chacune d'elles, il est prévu une extension qui permettrait d'élever cette puissance jusqu'à 40.000 kilowatts et même davantage s'il y avait lieu.

Câbles à haute tension. — Des deux Usines Nord et Sud partent des câbles souterrains triphasés formant un réseau à haute tension 15.000 volts, 25 périodes, comportant une longueur totale de câbles d'environ 300 kilomètres. Ils alimentent les sous-stations de traction dont les emplacements sont indiqués sur la carte (Fig. 1). Ils suivent le tracé des voies, à raison de un, deux ou plusieurs câbles de chaque côté de la ligne.

L'alimentation de ces câbles s'effectue au moyen de postes de sectionnement placés à des jonctions de lignes (postes des Vallées, Pont de Passy, Javel) et dans chacune des sous-stations de traction.

Chaque poste comporte une double boucle haute tension et une série de sectionneurs et d'interrupteurs qui permettent d'effectuer toutes les combinaisons possibles en cas d'avarie à l'un des câbles.

Les sections utilisées sont les suivantes :

3×150 mm^2, 3×100 mm^2, 3×75 mm^2 et 3×25 mm^2.

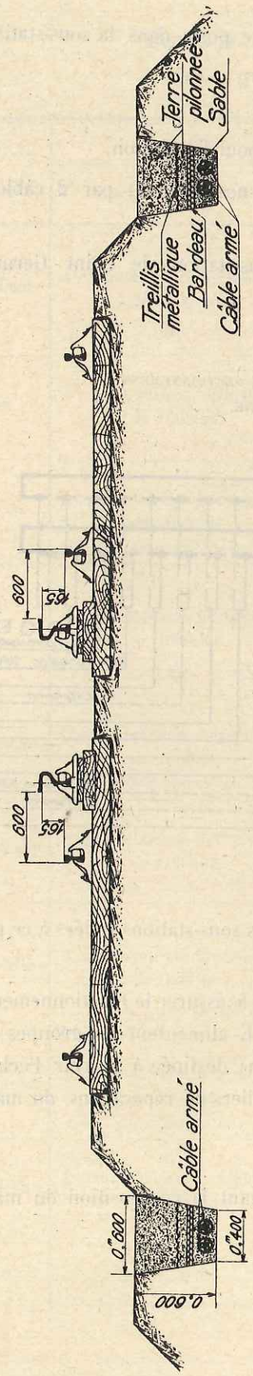


Fig. 8. — Coupe transversale d'une double voie équipée électriquement.

Les câbles le plus fréquemment employés le long des voies sont les câbles à 3 conducteurs de 3×150 mm^2 et 3×100 mm^2.

Les sections 3×75 mm^2 et 3×25 mm^2 sont utilisées pour les dérivations qui doivent alimenter les postes de faible puissance.

La figure 8 montre la pose des câbles le long des voies courantes. Sur les ouvrages d'art en fer ou en maçonnerie, les câbles sont posés dans des drains en béton armé reposant, s'il y a lieu, sur des dés en ciment. Pour le passage dans les voies, ils sont placés dans des tuyaux en fonte. Afin d'éviter les risques d'accidents, les ouvriers qui travaillent le long des voies sont avisés de la présence de ces câbles par des plaques de repérage fixées, soit sur les traverses, soit sur les murs voisins ou sur des potelets.

Sous-stations de traction. — La carte (Fig. 1) donne les emplacements des sous-stations destinées à transformer le courant triphasé haute tension 15.000 volts, 25 périodes, en courant continu à 650 volts. Ces emplacements correspondent, autant que possible, aux bifurcations, de façon que chacune d'elles puisse alimenter le maximum de voies.

Chaque sous-station comporte :

Un poste de sectionnement ;

Les machines et appareils destinés à produire le courant de traction ;

Une sous-station locale destinée à fournir le courant nécessaire aux services annexes de la sous-station.

Poste de sectionnement. — Dans chaque sous-station, ainsi qu'il a déjà été dit, un poste de sectionnement, formant boucle, permet de sectionner les câbles haute tension en cas d'avarie survenue à l'un d'eux et de pouvoir ainsi toujours alimenter, non seulement la sous-station desservie par le poste, mais encore les sous-stations suivantes.

La figure 9 donne schématiquement la disposition de ce poste dans la sous-station de La Garenne, la plus rapprochée de l'Usine Nord.

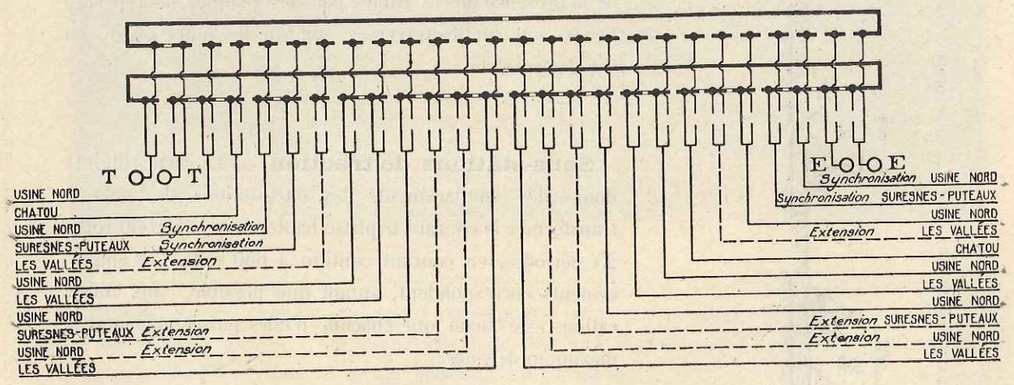
Le schéma montre que cette sous-station est reliée :

A l'Usine Nord, par 8 câbles, 2 câbles sont en outre prévus pour l'extension,

A l'Usine Sud (en passant par la sous-station de Suresnes-Puteaux) par 2 câbles de synchronisation ; extension prévue : 2 câbles,

A la sous-station de Chatou (et, de là, à la sous-station de Saint-Germain) par 2 câbles,

Fig. 9. — Schéma de principe du poste de sectionnement dans la sous-station de la Garenne.



Au poste de sectionnement des Vallées (et de là aux diverses sous-stations reliées à ce poste) par 4 câbles ; extension prévue : 2 câbles.

Les deux câbles T, qui partent des boucles, sont destinés à assurer le fonctionnement des commutatrices de la sous-station de traction ; les deux câbles E alimentent les groupes de la sous-station locale (faisant partie de la sous-station de traction) destinée à fournir l'éclairage et la force motrice aux trois ateliers de La Garenne : ateliers de réparations du matériel roulant, ateliers de la voie, ateliers du service électrique.

Le tableau ci-après donne tous les renseignements concernant la composition du matériel des sous-stations.

SOUS-STATIONS DE TRANSFORMATION

Types d'appareillage et de matériel utilisés

DÉSIGNATION des SOUS-STATIONS	TRACTION ÉLECTRIQUE		ÉCLAIRAGE ET FORCE	
	MATÉRIEL INSTALLÉ	EXTENSION PRÉVUE	MATÉRIEL INSTALLÉ	EXTENSION PRÉVUE
Pont Cardinet	4 commutatrices hexaphasées de 1500 kw (Sté Anme Westinghouse.)	2 commutatrices de 1500 kw	2 gr. convertisseurs de 600 kw 2 d° 300 kw 2 batt. d'accumulateurs de 800 AH 500 volts (2 ponts de 250 v.) (Sté Anme Westinghouse.)	1 groupe de 600 kw Batteries extensibles à 1200 AH
Asnières	4 commutatrices hexaphasées de 1500 kw (Schneider et Cie.)	2 commutatrices de 1500 kw	3 gr. convertisseurs de 60 kw 2 batt. d'accumulateurs de 400 AH 250 volts (2 ponts de 125 v.) (Cie Gle électrique de Nancy.)	1 groupe de 60 kw Batteries extensibles à 600 AH
La Garenne	3 commutatrices hexaphasées de 1000 kw (Cie Electro-Mécanique.)	1 commutatrice de 1000 kw	4 gr. convertisseurs de 400 kw 2 batt. d'accumulateurs de 800 AH 500 volts (2 ponts de 250 v.) (Mrs de Cons Electriques Nord-Est) (Schneider & Cie)	Batteries extensibles à 1200 AH
Chatou	3 commutatrices hexaphasées de 1000 kw (Cie Gle Electrique de Nancy.)	1 commutatrice de 1000 kw	1 gr. convertisseur de 10 kw pour services auxiliaires. 1 batt. d'accumulateurs de 120 AH sous 125 volts (Cie Gle Electrique de Nancy.)	
Saint-Germain	3 commutatrices hexaphasées de 1000 kw (Mrs de Cons de Lyon et du Dauphiné)	1 commutatrice de 1000 kw	2 gr. convertisseurs de 75 kw 2 batt. d'accumulateurs de 400 AH 250 volts (2 ponts de 125 v.) (Mrs de Cons de Lyon et du Dauphiné)	Batteries extensibles à 600 AH
Bois-de-Boulogne	3 commutatrices hexaphasées de 1000 kw (Cie Gle d'Electricité de Creil.)	1 commutatrice de 1000 kw	2 gr. convertisseurs de 12 kw 2 batt. d'accumulateurs de 200 AH 250 volts (2 ponts de 125 v.) (Sté Alsacienne de Cons Mécaniques)	
Argenteuil-Ville	3 commutatrices hexaphasées de 1000 kw (Schneider et Cie.)	1 commutatrice de 1000 kw	1 gr. convertisseur de 7 kw pour services auxiliaires 1 batt. d'accumulateurs de 100 AH 125 volts (Schneider & Cie.)	
Suresnes-Puteaux	3 commutatrices hexaphasées de 1000 kw (Cie Electro-Mécanique.)	1 commutatrice de 1000 kw	3 gr. convertisseurs de 50 kw 2 batt. d'accumulateurs de 200 AH 500 volts (2 ponts de 250 v.) (L'Eclairage Electrique.)	Batteries extensibles à 300 AH
Saint-Cloud Parc	4 commutatrices hexaphasées de 1000 kw (Sté Gle d'Electrification.)		1 gr. convertisseur de 7 kw 5 pour services annexes 1 batt. d'accumulateurs de 100 AH (Sté Gle d'Electrification.)	
Bougival	(à l'étude)		(à l'étude)	

DÉSIGNATION des SOUS-STATIONS	TRACTION ÉLECTRIQUE		ÉCLAIRAGE ET FORCE	
	MATÉRIEL INSTALLÉ	EXTENTION PRÉVUE	MATÉRIEL INSTALLÉ	EXTENSION PRÉVUE
Saint-Nom-la-Bretèche	(à l'étude)		(à l'étude)	
Champ-de-Mars	4 commutatrices hexaphasées de 1000 kw (Sté Alsacienne de Cons Mécaniques)		3 gr. convertisseurs 60 kw 1 batt. d'accumulateurs de 300 AH 125 volts (Allioth.)	
Bellevue-Funiculaire	3 commutatrices hexaphasées de 1000 kw (Alts de Cons Electriques du Nord et de l'Est.)	1 commutatrice de 1000 kw	1 gr. convertisseur de 12 HP pour services annexes 1 batt. d'accumulateurs de 100 AH (Alts de Cons Electriques du Nord et de l'Est)	
Meudon-Val-Fleury	3 commutatrices hexaphasées de 1000 kw 1 groupe transformateur redresseur à vapeur de mercure de 1000 kw (Cie Electro-Mécanique.)		1 gr. convertisseur pour services auxiliaires 1 batt. d'accumulateurs de 100 AH 125 volts (Cie Electro-Mécanique.)	
Porchefontaine	4 commutatrices hexaphasées de 1000 kw (Cie Fse Thomson-Houston.)		1 gr. convertisseur de 5 kw pour services auxiliaires 1 batt. d'accumulateurs de 100 AH 125 volts (Cie Fse Thomson-Houston.)	
Ouest-Ceinture	4 commutatrices hexaphasées de 1000 kw (Sté Alsacienne de Cons Mécaniques)	2 commutatrices de 1000 kw	4 transformateurs statiques de 50 kw 1 groupe convertisseur pour services auxiliaires 1 batt. d'accumulateurs de 100 AH 125 volts (Sté Alsacienne de Cons Mécaniques.)	
Sceaux	(à l'étude)		(à l'étude)	
Massy-Palaiseau	(à l'étude)		(à l'étude)	
Orsay	(à l'étude)		(à l'étude)	

Machines et appareils destinés à produire la transformation du courant. — Les sous-stations de traction du Pont Cardinet et d'Asnières, très rapprochées de Paris et desservant un groupe de voies très fréquentées, sont équipées chacune avec des commutatrices de 1.500 kilowatts Pour toutes les autres sous-stations, il n'a été prévu que des commutatrices de 1.000 kilowatts

Les transformateurs de ces machines sont ventilés. A cet effet, ils sont montés sur une galerie aux extrémités de laquelle deux ventilateurs (un seul suffit normalement pour assurer le service, le second servant de rechange) aspirent l'air extérieur et le refoulent dans cette galerie, toujours en communication, par une ouverture, avec la partie intérieure du tranformateur qu'il y a lieu de refroidir.

On a prévu, pour les nouvelles sous-stations, des tranformateurs à bain d'huile.

Enfin, en vue de parer à l'éventualité où le Réseau devrait faire appel au courant triphasé à 50 périodes au lieu de la fréquence 25 qu'il emploie depuis 1900, les Chemins de fer de l'État ont songé à prévoir, pour les sous-stations, des appareils nouveaux susceptibles de fonctionner indifféremment sous 25 ou 50 périodes et, après essais concluants, qui pourraient se substituer, s'il y avait lieu, progressivement, aux commutatrices à 25 périodes existantes. C'est ainsi qu'a été décidé l'application et le montage, dans la sous-station de Meudon, d'un groupe redresseur à vapeur de mercure de 1.000 kilowatts, aux lieu et place de la quatrième commutatrice de même puissance qui était prévue pour l'extension de cette sous-station.

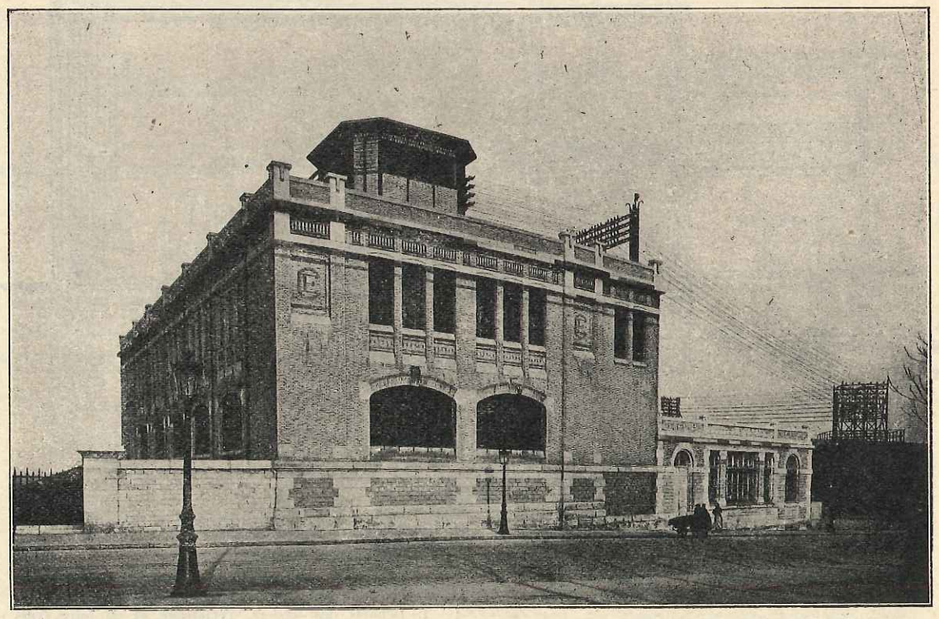
La figure 10 donne une vue de la sous-station du Pont Cardinet, prise du côté du Pont Cardinet et montre la tourelle de sortie des câbles basse tension.

La figure 11 est une coupe transversale de cette sous-station.

La figure 12 donne une vue en plan de la même sous-station. Le courant nécessaire à la traction est fourni par les six commutatrices A de 1.500 kw (4 installées, 2 prévues comme extension).

La sous-station locale, qui comporte 2 convertisseurs de 600 kw (un convertisseur de 600 kw prévu comme extension) et 2 de 300 kw, avec les machines accessoires : groupes de démarrage, égalisatrices, survolteurs, occupe dans cette sous-station une grande importance, car elle fournit tout le courant continu à 440 volts (deux ponts de 220) destiné à la force

Fig. 10. — Vue de la sous-station du pont Cardinet, prise du coté du pont.

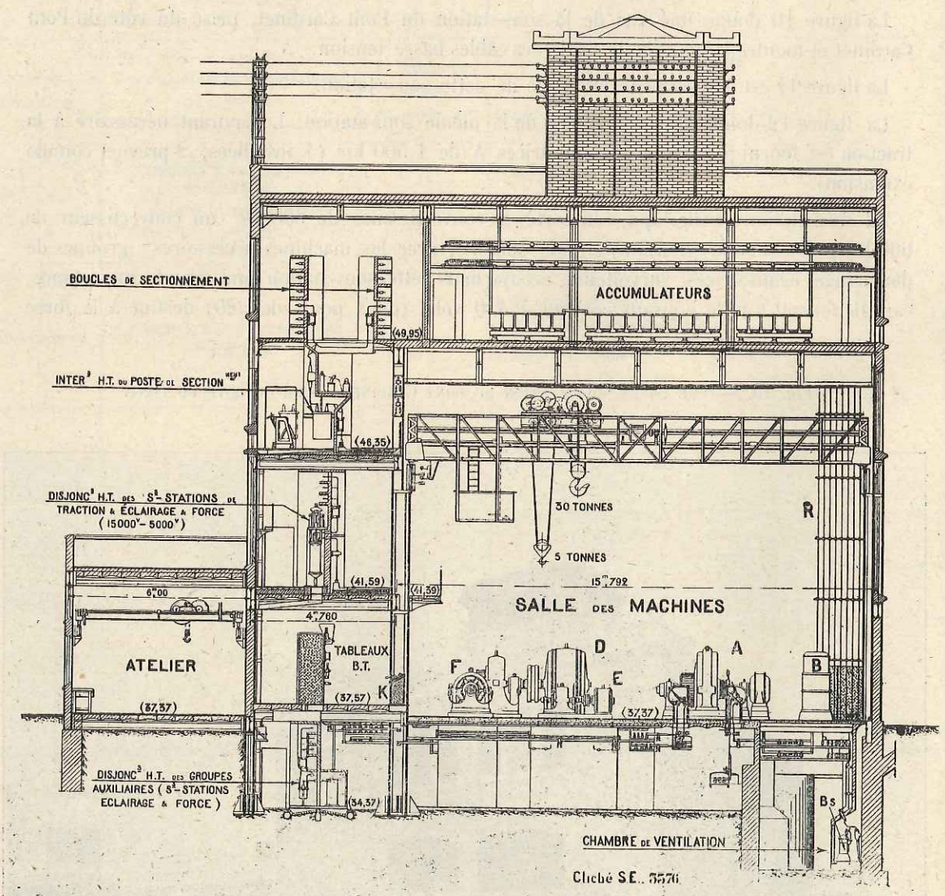


motrice et à l'éclairage du dépôt des Batignolles, des Ateliers de réparations du Matériel roulant de Batignolles et de Levallois et des gares du Pont Cardinet et de Batignolles-Marchandises.

La figure 13 montre l'intérieur de la sous-station d'Asnières, côté des transformateurs.

La figure 14 est une vue de la même sous-station, côté des tableaux et des disjoncteurs.

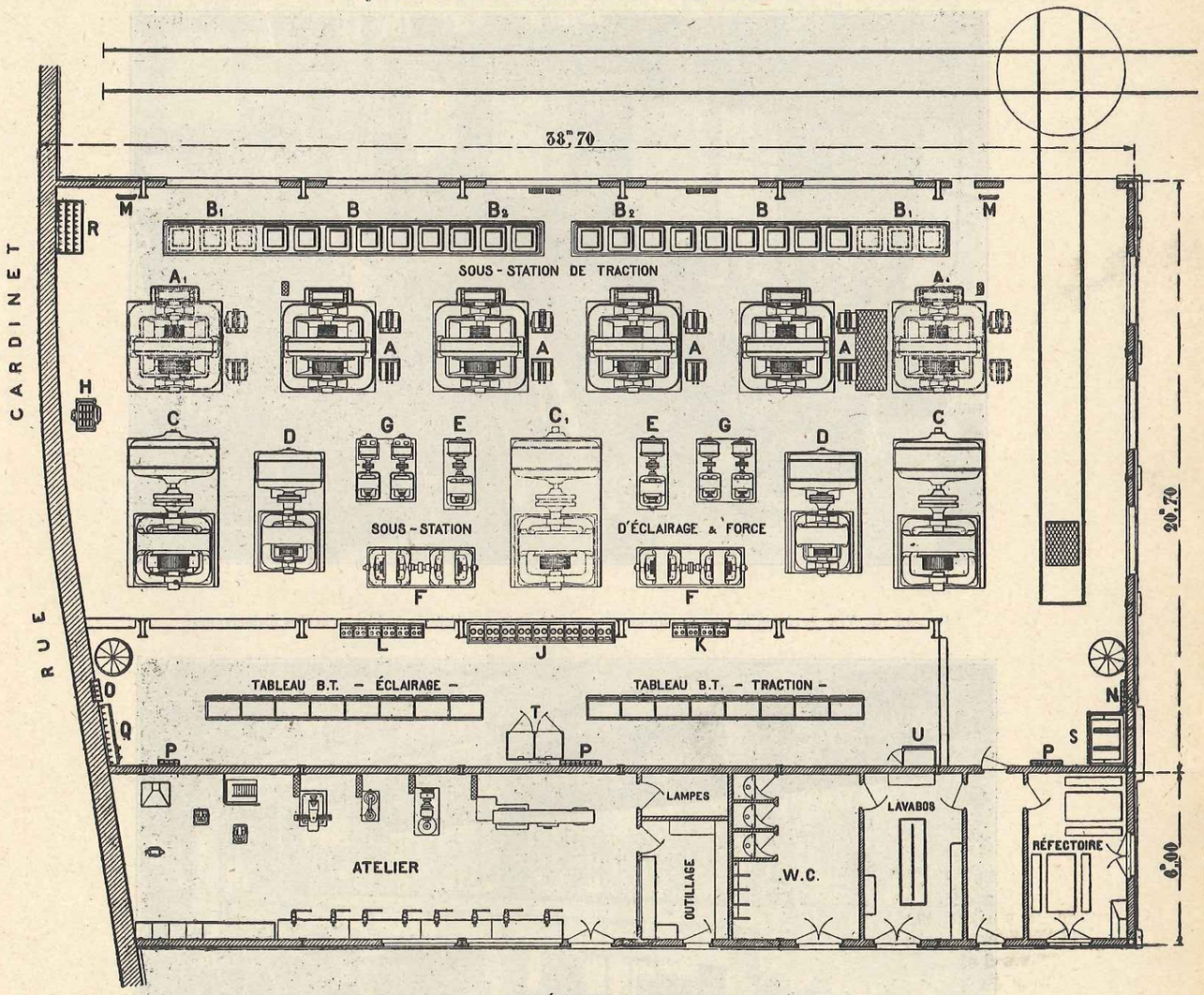
Fig. 11. — Coupe transversale de la sous-station du pont Cardinet.



LÉGENDE

A) Commutatrice de 1500 kw avec ses deux pupitres : pupitre de démarrage et pupitre à courant continu ;
B) Transformateur monophasé de 535 kw ;
Bs) Bobine de self triphasée ;
D) Groupe convertisseur de 300 kw ;
E) Groupe de démarrage de 30 kw ;
F) Égalisatrice de 100 kw ;
K) Pupitre de commande des interrupteurs haute tension de la sous-station de traction ;
R) Départs des feeders d'éclairage et de force (vers galerie souterraine).

Fig. 12. — Plan de la sous-station du pont Cardinet.



LÉGENDE

A) Commutatrices de 1500 kw avec leurs deux pupitres : pupitre de démarrage et pupitre à courant continu ;
A1 Commutatrices de 1500 kw. Extension ;
B) Transformateurs monophasés de 535 kw ;
B1 Transformateurs monophasés de 535 kw ; Extension ;
B2 Transformateurs monophasés de déversement 15000/5000 ;
C) Groupes convertisseurs de 600 kw ;
C1) Groupes convertisseurs de 600 kw. Extension ;
D) Groupes convertisseurs de 300 kw ;
E) Groupes de démarrage de 30 kw ;
F) Égalisatrice de 100 kw ;
G) Groupes survolteurs de 15 kw ;
H) Groupe de soufflage ;
J) Pupitre de commande des interrupteurs haute tension du poste de sectionnement ;
K) Pupitre de commande des interrupteurs haute tension de la sous-station de traction ;
L) Pupitre de commande des interrupteurs haute tension de la sous-station d'Éclairage et de Force ;
M) Tableau de commande des groupes de ventilation des transformateurs ;
N) Arrivée des câbles haute tension (15000 V) ;
O) Arrivée des câbles haute tension (5000 V) ;
P) Câbles haute tension d'alimentation des transformateurs de déversement des groupes de traction, d'éclairage et de force ;
Q) Montée des barres d'accumulateurs et des feeders d'alimentation des tableaux de départ ;
R) Départs des feeders d'éclairage et de force (vers galerie souterraine) ;
S) Monte-charge de 500 kg ;
T Cabine téléphonique ;
U) Tableau local de distribution d'éclairage et de force de la sous-station.

Fig. 13. — Vue intérieure de la sous-station d'Asnières (Côté des transformateurs).

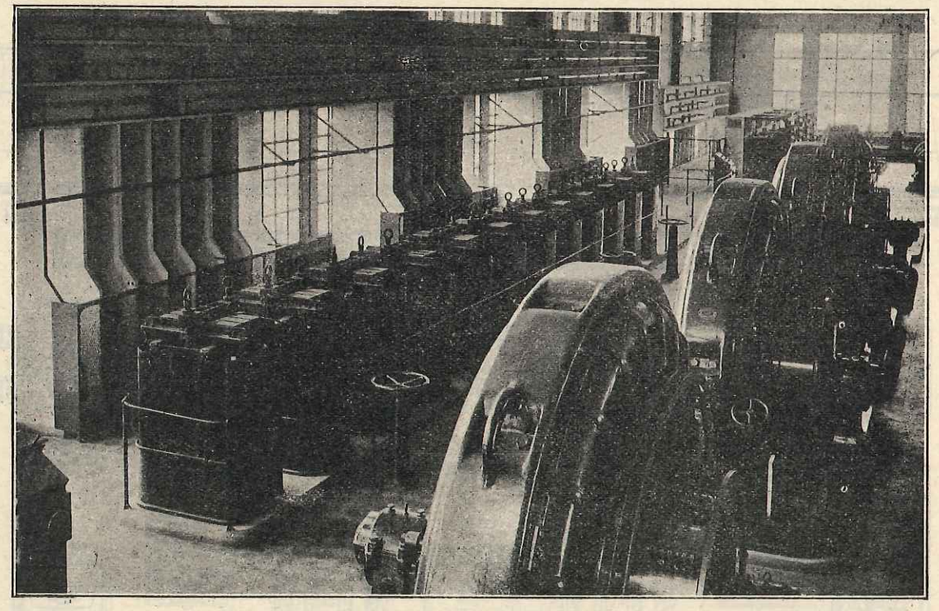
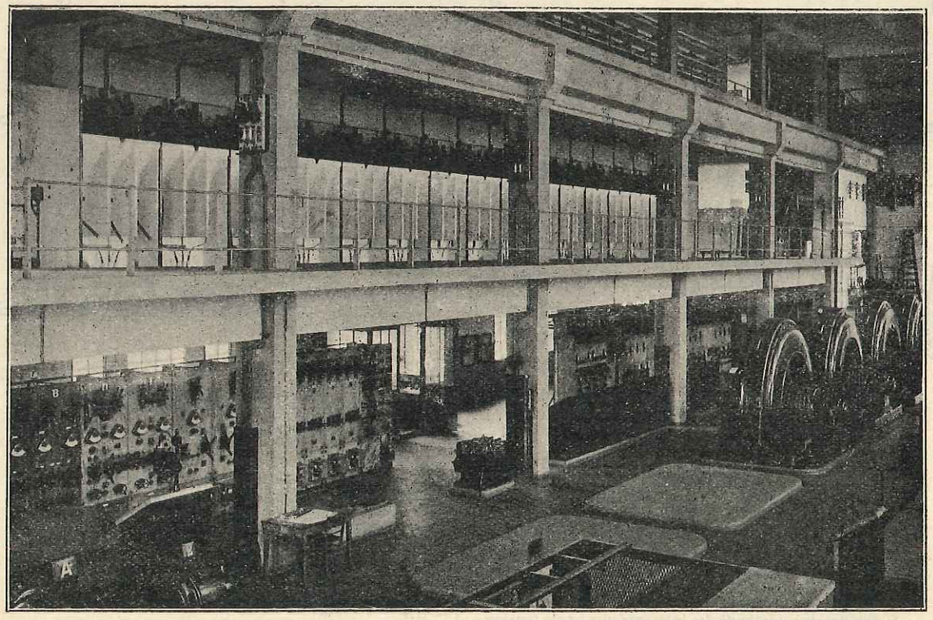
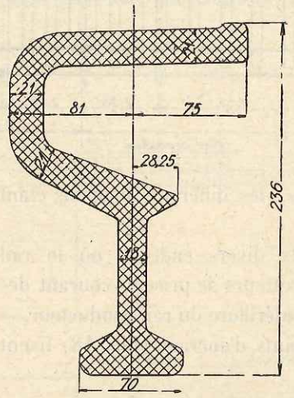


Fig. 14. — Vue intérieure de la sous-station d'Asnières (Côté des tableaux et des disjoncteurs).



Sous-station locale. — Dans chaque sous-station de traction, une petite sous-station locale a été prévue afin de fournir le courant basse tension, triphasé ou continu, destiné aux services annexes : alimentation du pont roulant, charge des batteries d'accumulateurs, éclairage, courant de commande des interrupteurs à huile, courant monophasé d'alimentation des signaux, etc.... Ces divers renseignements sont, pour chaque sous-station, condensés dans le tableau précédent.

Fig. 15. — Coupe transversale du rail conducteur.



Voie électrique. — La voie électrique est constituée par un troisième rail pesant 76 kilogrammes au mètre et ayant un profil spécial (Fig. 15) destiné à permettre une prise de courant inférieure et à éviter les inconvénients du verglas.

Ce rail est supporté par des supports isolants (Fig. 16) constitués par un coussinet métallique placé sur deux cales en bois paraffiné superposées. Le coussinet est fixé par deux tirefonds traversant la cale supérieure de forme ovale et pénétrant dans la cale inférieure rectangulaire ; cette dernière est maintenue sur la traverse au moyen de deux autres tirefonds.

Ces supports sont distants de 4 à 5 mètres et chacun d'eux repose sur une traverse spéciale (Fig. 17) ou désaxée.

Fig. 16. — Détails du support isolateur du rail conducteur.

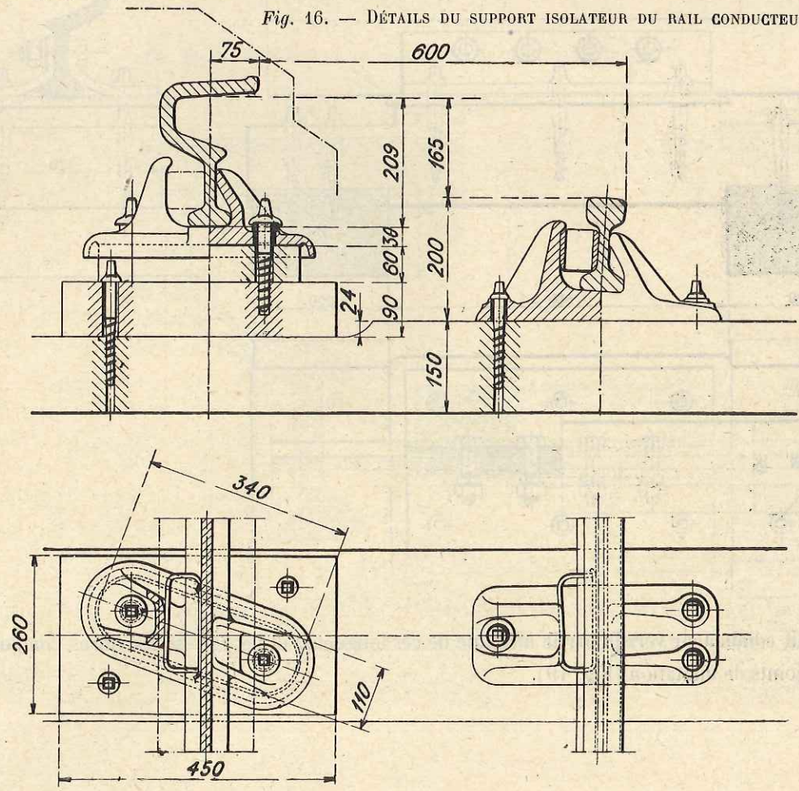
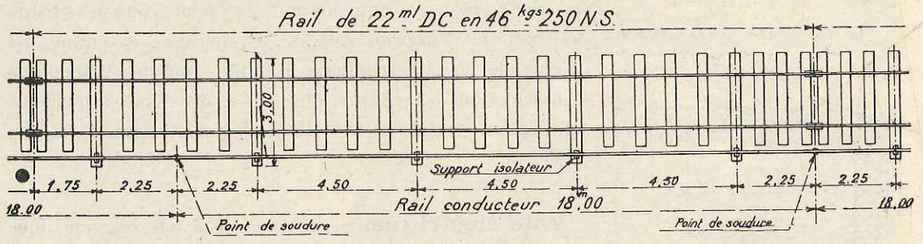


Fig. 17. — Plan de pose de la voie équipée électriquement.

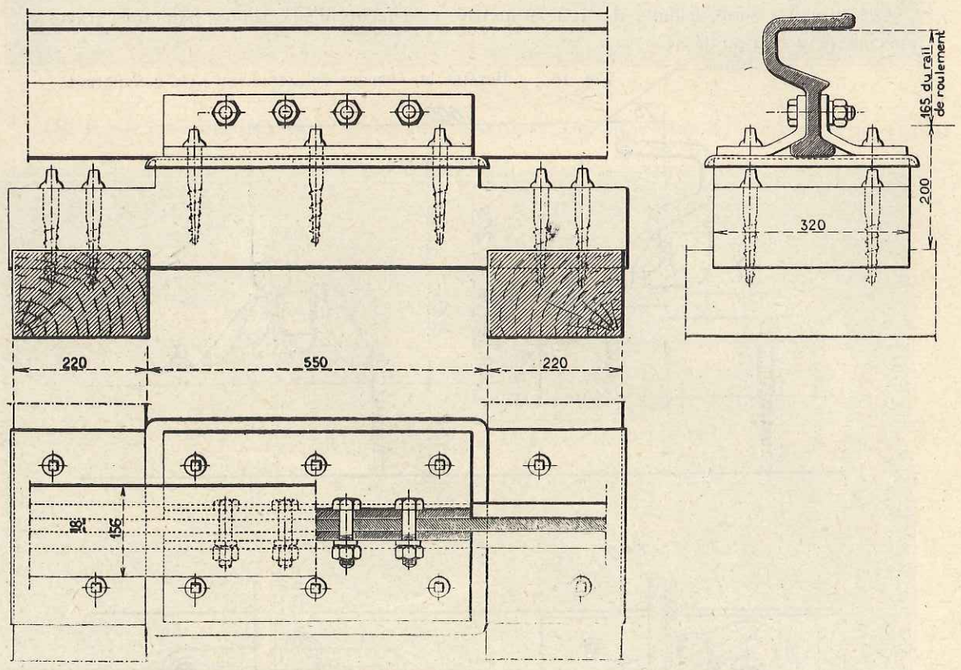


Le rail conducteur est monté par longueurs de 18 mètres, les différents coupons étant réunis par soudure alumino-thermique.

Aux aiguillages, traversées de voies, croisements et aux divers endroits où le rail conducteur doit être interrompu, un plan incliné permet aux frotteurs de prise de courant des locomoteurs et automotrices de venir en contact avec la partie inférieure du rail conducteur.

On forme ainsi des longueurs de 250 mètres environ ; des joints d'ancrage (Fig. 18) fixent

Fig. 18. — Joint d'ancrage du rail conducteur.



le rail conducteur vers la partie médiane de ces longueurs et les extrémités libres comportent des joints de dilatation (Fig. 19).

Aux divers points de passage des voies électriques par les agents des gares, le rail conducteur est protégé par un couvercle en basalte qui emboîte sa partie supérieure (Fig. 20). Ce bloc n'est pas fixé et tient en place par son propre poids.

Les deux files de rails de roulement de chaque voie normale sont montées en parallèle pour le retour du courant. L'éclissage mécanique ordinaire est doublé par un éclissage

Fig. 19. — Joint de dilatation du rail conducteur.

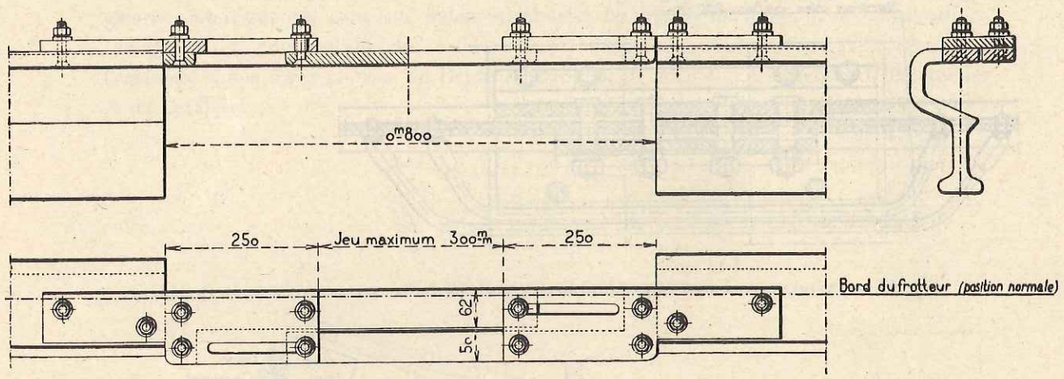
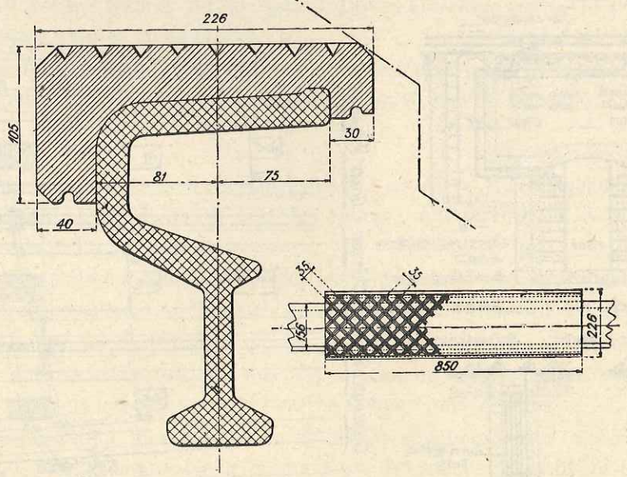


Fig. 20. — Protecteur en basalte pour rail conducteur.



électrique (Fig. 21) constitué par deux connexions ayant chacune 200 mm^2, soit pour les deux rails normaux de chaque voie une section de 800 mm^2 identique à celle du rail conducteur.

Fig. 21. — Connexions des rails de roulement.

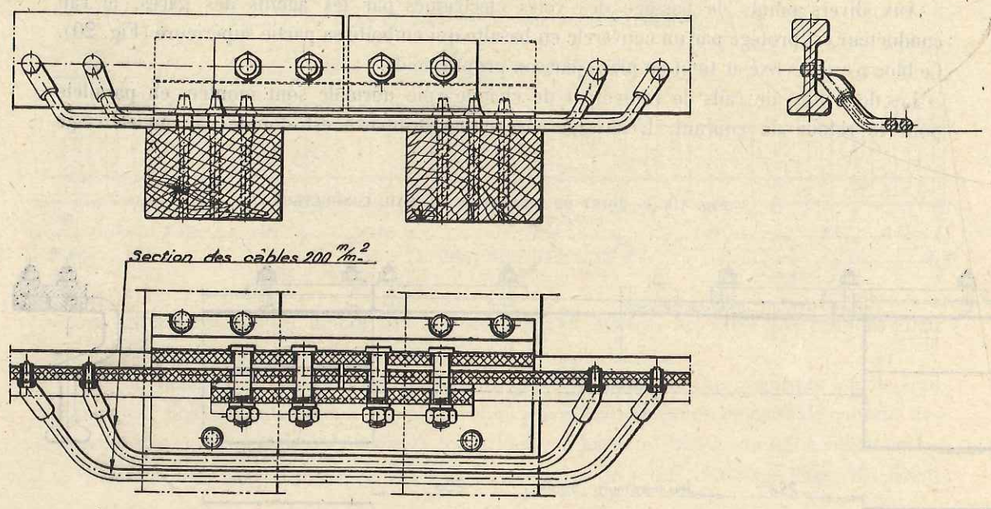
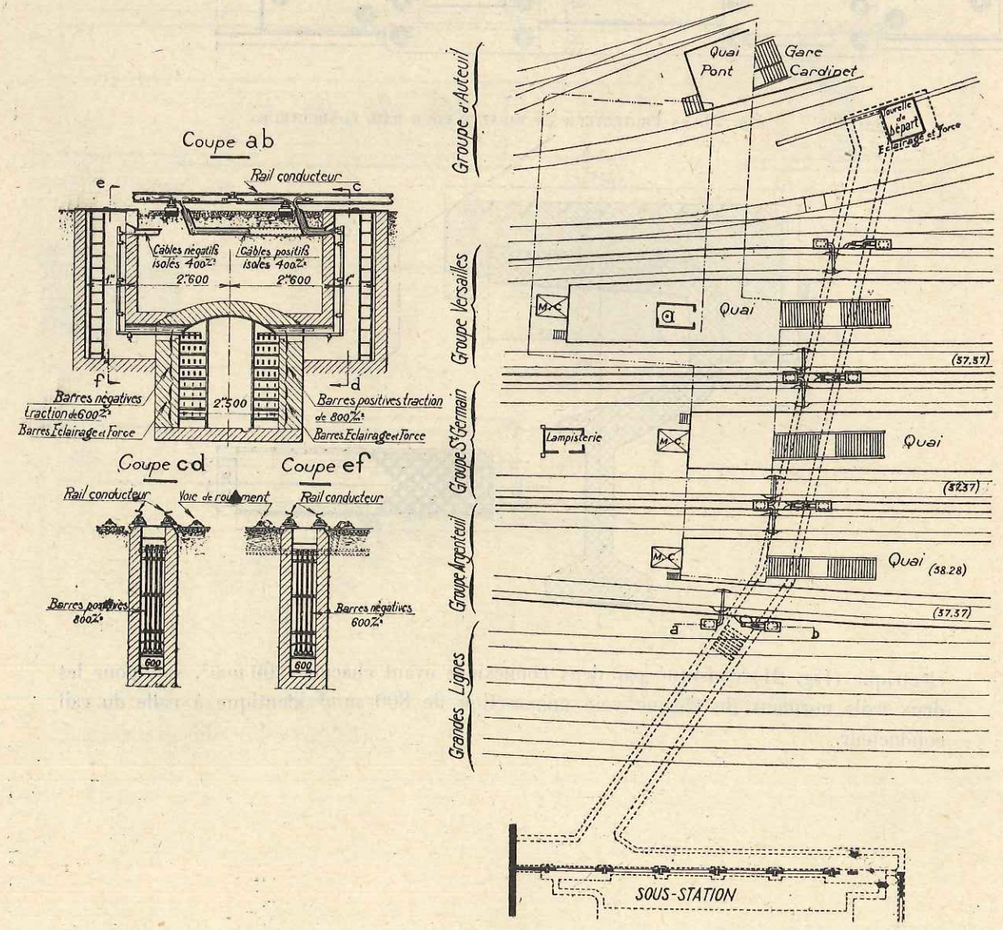


Fig. 22. — Alimentation des voies électrifiées près de la sous-station du pont Cardinet.



La voie électrique est alimentée de la façon suivante : au droit de chaque sous-station de traction le rail conducteur est sectionné par un joint spécial isolant constitué par un bois très dur (gaïac) et l'alimentation de chaque tronçon de rail conducteur se fait par deux câbles de 400 mm^2 soit donc 4 câbles pour chaque rail conducteur ;

8 câbles de 200 mm^2 de section relient les rails de roulement à la barre négative omnibus des commutatrices.

La figure 22 représente l'alimentation des voies électriques au droit de la sous-station du Pont Cardinet. En vue de faciliter la visite et l'entretien des canalisations, on a exécuté une galerie souterraine qui contient, indépendamment des barres de traction, les canalisations (aboutissant à une tourelle de sortie spéciale) destinées à fournir l'énergie nécessaire à l'éclairage et à la force motrice du Dépôt de Batignolles, ainsi que des Ateliers de Batignolles et de Levallois.

MATÉRIEL ROULANT (1)

Matériel utilisé sur la ligne Invalides-Versailles.

Le matériel roulant utilisé sur la ligne Invalides-Versailles comporte des locomoteurs électriques et des voitures automotrices.

Tout le matériel ancien a été établi pour fonctionner sous la tension de 600 volts, le matériel nouveau est prévu pour 650 volts et éventuellement 1.500 volts.

Locomoteurs. — *Locomoteurs électriques (1re série).* — 9 locomoteurs, mis en service en 1900, assurent, concurremment avec des voitures automotrices, le service de la ligne électrique Invalides-Versailles Rive-Gauche.

La figure 23 représente l'ensemble de ces locomoteurs. Ils sont entièrement symétriques, la partie centrale constituant un fourgon. A chaque extrémité se trouve un poste de conduite.

La caisse est fixée sur un châssis monté sur deux bogies à deux essieux et roues de 1 *m*, 310 de diamètre. Chaque essieu est actionné par un moteur électrique. Les prises de courant se font par 4 frotteurs latéraux supportés par les boîtes à huile extrêmes.

Ces locomoteurs sont munis du frein à air Westinghouse avec appareil avertisseur, et d'un frein à main, manœuvrable de chaque poste de conduite, agissant sur tous les essieux. Chaque locomoteur possède deux sifflets fonctionnant par air comprimé.

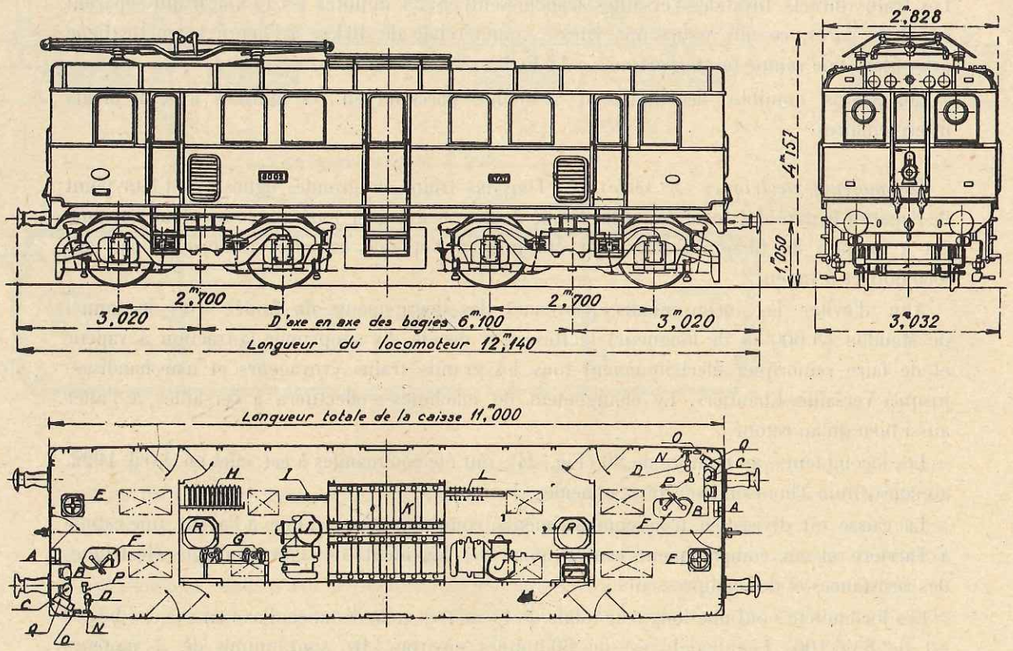
La conduite s'effectue au moyen de deux appareils contrôleurs, à raison de un par poste de conduite.

Les moteurs doivent pouvoir fonctionner sous 600-750 volts et 1.500 volts. L'ensemble des 4 moteurs correspond à une puissance approximative normale de 1.100 chevaux sous 750 volts.

Il est prévu pour ces moteurs une auto-ventilation par action centrifuge de l'induit. En outre, il sera possible de supprimer cette ventilation ou d'ajouter, en série avec elle, une ventilation extérieure. Dans les deux cas, l'air sera pris à l'intérieur de la cabine. L'air passant par le centre de chaque bogie sera conduit aux deux moteurs par des manches flexibles et filtré à son arrivée aux moteurs.

Les équipements montés sur ces locomoteurs seront du type à unités multiples de façon à pouvoir permettre l'accouplement de deux et même trois locomoteurs, s'il y a lieu. Ils permettront la marche sous la tension actuelle 650 volts et s'il y a lieu, 1.500 volts. Ils seront groupés dans un compartiment spécial entre les deux cabines avant et arrière

Fig. 24. — Locomoteurs électriques.



LÉGENDE

A) Boites de connexions ;
B) Voltmètres ;
C) Ampèremètres ;
D) Robinets du frein automatique ;
E) Commandes du frein à main ;
F) Contrôleurs ;
G) Commutateurs de couplage ;
H) Contacteurs ;
I) Panneau des relais ;
J) Compresseurs ;
K) Résistances ;
L) Panneau des interrupteurs de mise hors circuit
M) Shunts inductifs ;
N) Interrupteurs de contrôle ;
O) Interrupteurs de pantographe ;
P) Robinets de prise d'air de la sablière ;
Q) Indicateurs enregistreurs Flaman ;
R) Aspirations des moteurs.

de chaque locomoteur. Le même compartiment renfermera les résistances de démarrage des moteurs et deux moteurs compresseurs.

La prise de courant s'effectuera au moyen de 4 frotteurs latéraux. Un pantographe, monté à la partie supérieure et actionné par l'air comprimé, sera utilisé pour le fonctionnement dans les dépôts et, éventuellement, sur d'autres réseaux équipés avec fil aérien.

Les dimensions principales de ces locomoteurs sont les suivantes :

D'axe en axe des bogies	6 *m*, 100	Hauteur de tamponnement	1 *m*, 050
Entraxes des essieux d'un bogie	2 *m*, 700	Hauteur de traction	1 *m*, 050
D'axe en axe des frotteurs.....	9 *m*, 890	Largeur intérieure de la caisse..	2 *m*, 820
Longueur du châssis.....	11 *m*, 000	Longueur du compartiment des appareils.....	6 *m*, 800
Tamponnement.....	570 m*m*	Poids en ordre de marche.....	60 *t*
Longueur totale du châssis de tampon à tampon.....	12 *m*, 140		

Voitures automotrices. — *Automotrices (1re série).* — En 1912, 18 automotrices furent mises en service pour assurer, avec les locomoteurs 1re série, le trafic de la ligne Invalides-Versailles rive gauche, et l'exploitation du raccordement Champ-de-Mars-Avenue Henri-Martin.

La figure 25 représente le diagramme de ces voitures qui comportent, à chaque extrémité, une cabine de commande avec fourgon, et trois compartiments : un de 1re classe et deux de seconde, réservés aux voyageurs.

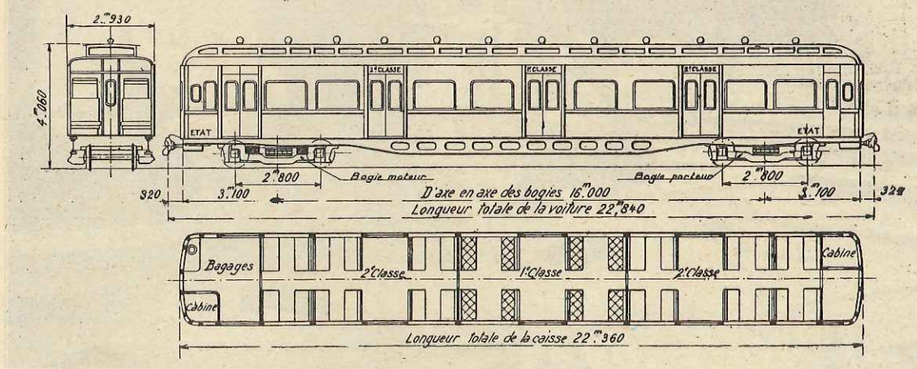
La caisse, fixée au châssis, est montée sur deux bogies à deux essieux avec roues de 925 m*m*. L'un des bogies est moteur, chacun de ses deux essieux étant actionné par un moteur ; l'autre bogie, identique au premier, est simplement porteur.

Le freinage est assuré au moyen du frein à air Westinghouse. Un frein à main de secours peut être actionné de chaque cabine au moyen d'un volant spécial.

Les deux types de moteurs (Jeumont et Westinghouse) employés pour ces voitures ont une puissance de 235 chevaux sous 600 volts.

Ces moteurs reposent d'un côté sur l'essieu et de l'autre sur la traverse du bogie par

Fig. 25. — Voitures automotrices (1re Série).



l'intermédiaire de ressorts destinés à absorber les chocs dus à la mise en marche et au roulement.

L'entraînement se fait au moyen d'un train d'engrenages. Le pignon est claveté sur l'arbre du moteur et la roue dentée est clavetée et boulonnée sur l'essieu.

Chacun des types de moteurs employés a un rapport d'engrenage qui lui est spécial :

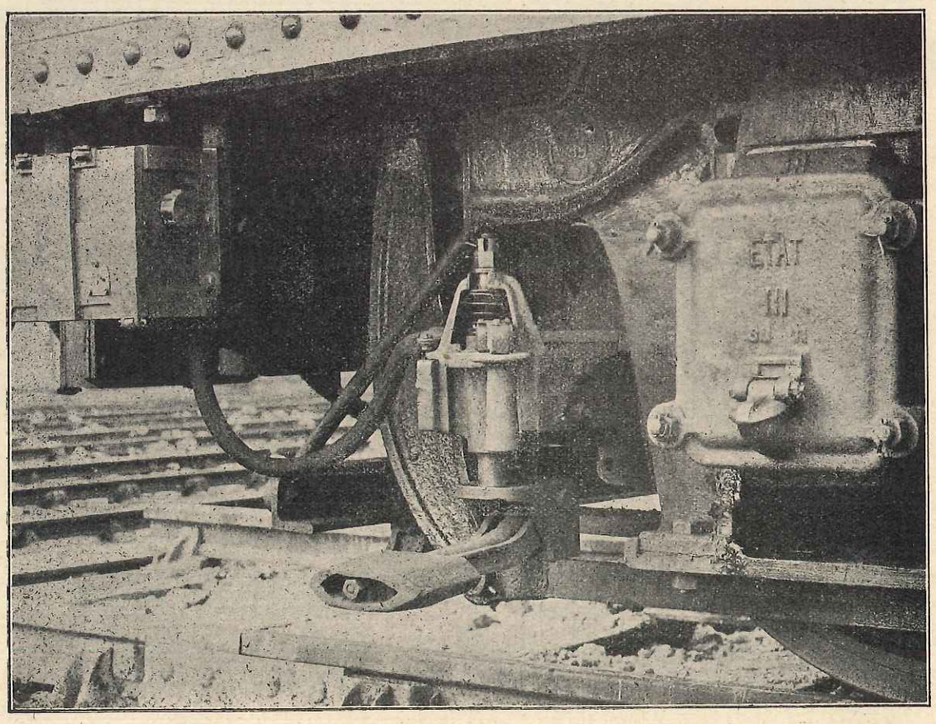
	Roue dentée.	Pignon.	Rapport.
	—	—	—
Moteur Jeumont	67	32	2,1
Moteur Westinghouse	53	23	2,3

La prise du courant se fait au moyen de quatre frotteurs placés deux par deux de chaque côté de la voiture (Fig. 26).

Les équipements électriques, montés sous le châssis, fonctionnent sous 600 volts. Ils sont du système Sprague-Thomson à unités multiples (type à contacteurs) qui permet l'accouplement de plusieurs voitures et la commande, par un seul poste, de l'ensemble de la rame ainsi formée.

Toutes les voitures sont automotrices et reliées électriquement par un câble d'intercommunication constitué par les fils des circuits de commande.

Fig. 26. — Frotteur de prise de courant d'une voiture automotrice (1re Série).



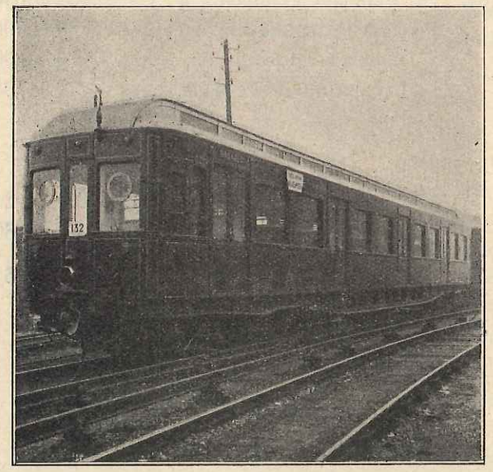
Le conducteur électricien, placé dans la voiture de tête, agit sur un petit contrôleur ou manipulateur relié aux fils des circuits de commande qui assurent l'enclenchement simultané des appareils constituant l'équipement de chacune des unités formant le train.

Suivant l'importance du trafic, les voitures circulent seules ou sont accouplées, au moyen d'un attelage automatique central, pour former des rames de deux, trois ou quatre voitures.

Les caractéristiques principales des voitures automotrices 1re série sont les suivantes :

D'axe en axe des bogies	16 *m*,000	Longueur totale du châssis de tampon à tampon	22 *m*,840
Entraxes des essieux d'un bogie	2 *m*,800	Hauteur de tamponnement	0 *m*,800
D'axe en axe des frotteurs	19 *m*,640	Hauteur de traction	0 *m*,800
Longueur du châssis	22 *m*,200	Largeur intérieure de la caisse	2 *m*,738
Tamponnement (du bord du châssis)	0 *m*,320	Poids à vide	59 *t*.

Fig. 27. — Voiture automotrice (1re Série).



Nombre de places : **148**, réparties comme suit :

Places assises :

1re classe	16
2e classe	48
	64

Places debout (1re zone seulement) :

1re classe	24
2e classe	60
	84

En palier et alignement droit, la vitesse maximum est de 70 k*m* à l'heure.

La figure 27 représente une voiture de ce type.

Automotrices (2e série). — Pour faire face à l'augmentation du trafic sur la ligne Invalides-Versailles, le Réseau a été conduit à envisager la construction d'une deuxième série d'automotrices.

Ce programme, commencé en 1912, suspendu pendant la guerre et repris en 1919, a fourni 26 voitures qui ont été livrées et mises en service en 1921.

Ces automotrices ont une caisse et un châssis identiques aux types précédemment décrits. Elles sont munies de l'attelage central automatique, du frein à air et à main et ne diffèrent des voitures 1re série que par les bogies, les moteurs et l'équipement électrique.

Les deux bogies sont à 3 essieux avec roues de 925 m*m* au roulement. Les deux essieux extrêmes sont moteurs et l'essieu médian est porteur.

Cinq types différents de moteurs à excitation « série » (Jeumont, Westinghouse, Alsacienne, Thomson, Electro-Mécanique) sont employés indifféremment pour actionner ces automotrices. Ils sont montés par deux sur chacun des bogies.

Les quatre moteurs, chacun d'une puissance unihoraire de 165 chevaux sous 600 volts, permettent d'atteindre, en palier et alignement droit, une vitesse maximum de 70 k*m* à l'heure.

Tous les types de moteurs possèdent le même rapport d'engrenages qui est de 2,4 (roue dentée 65 dents, pignon 27 dents).

Les équipements électriques de ces voitures fonctionnent dans des conditions analogues à celles des équipements des automotrices 1re série et présentent les mêmes avantages pour la constitution des rames et la commande simultanée de toutes les voitures par un poste unique.

L'emploi de 4 moteurs a fait adopter un nouvel équipement qui donne toutes facilités de pouvoir isoler, par suite d'avarie, un des groupes de moteurs couplés deux par deux.

Les caractéristiques principales des voitures automotrices 2e série sont les suivantes :

D'axe en axe des bogies à 3 essieux	15 *m*,100	Tamponnement (du bord du châssis)	0 *m*,320
Entraxes des essieux d'un bogie	1 *m*,925 × 2	Longueur totale du châssis de tampon à tampon	22 *m*,840
D'axe en axe des frotteurs extrêmes	19 *m*,990	Hauteur de tamponnement	0 *m*,800
Longueur du châssis	22 *m*,200	Hauteur de traction	0 *m*,800
		Largeur intérieure de la caisse	2 *m*,738
		Poids à vide	74 *t*.

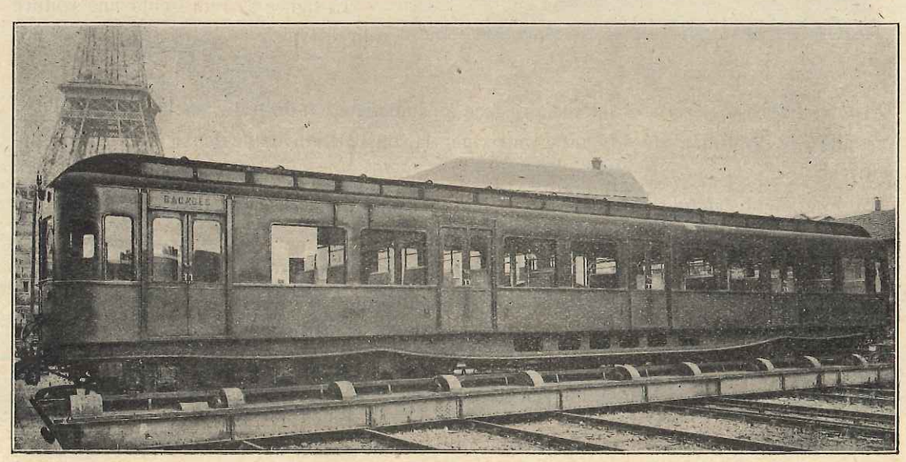
Nombre de places :

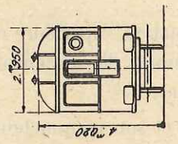
Places assises : 1re classe	16	24
Strapontins : 1re classe	8	
Places assises : 2e classe	48	70
Strapontins compartiments	16	
» fourgon	6	
		94

Places debout (1re zone seulement) :	
1re classe	24
2e classe	60
	84

La figure 28 donne une vue extérieure de ces voitures.

Fig. 28. — Voiture automotrice (2e Série).





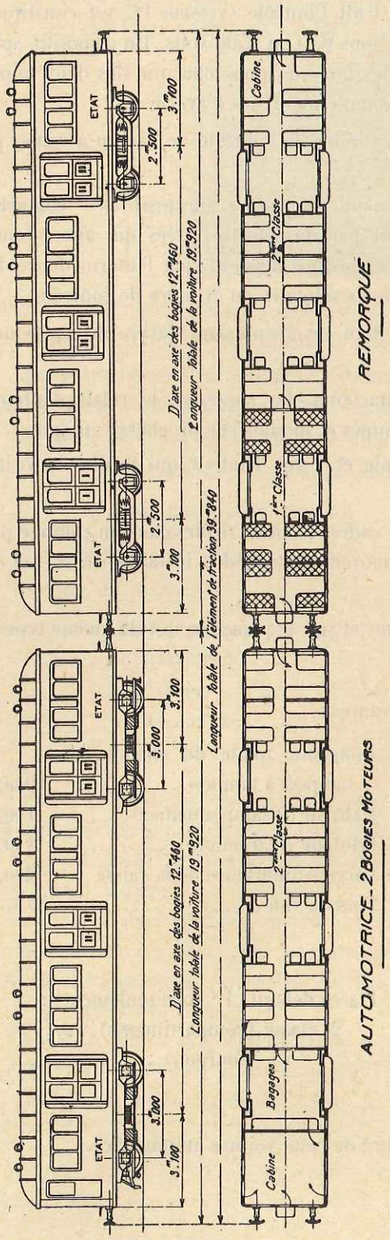


Fig. 29. — Elément de traction (Voiture automotrice 3e Série et remorque).

Matériel roulant pour la banlieue rive droite. — Pour l'exploitation des lignes de la première zone de la banlieue rive droite (Paris-Bécon-les-Bruyères et Paris-Bois-Colombes) qui ont un très gros débit, on a été conduit à envisager la constitution de rames au moyen d'éléments de traction indéformables.

Ces éléments sont composés, comme le montre la figure 29, de deux voitures ; une automotrice et une remorque, accouplées au moyen de l'attelage ordinaire, et reliées électriquement par 2 câbles d'intercommunication dont l'un est réservé aux fils de contrôle, éclairage, compresseur, fermeture automatique des portes, et l'autre spécialement affecté au chauffage.

Automotrice 3e série. — Dans ces voitures, le châssis, les montants, les parois et la toiture forment un ensemble indéformable auquel on a donné le nom de « caisse-poutre ».

Cette caisse est divisée en trois parties distinctes : la première, réservée à la cabine de commande, est destinée également à recevoir tous les appareils électriques ; la seconde, constitue le fourgon à bagages et la troisième est affectée aux voyageurs de seconde classe.

Les traverses AV et AR sont munies de l'attelage ordinaire avec en plus du côté cabine, l'attelage automatique à éclipse Boirault.

Un frein à air, système Westinghouse, et un frein à main assurent le freinage.

Les deux bogies sont à deux essieux avec roues de 1 *m* 100 de diamètre au roulement. Ils sont munis chacun de deux moteurs de 165 chevaux de l'un des types appliqués aux automotrices 2e série. Seul, le rapport des engrenages a été modifié ; il est de 3,38 sur ces voitures (roue dentée 71 dents, pignon 21 dents). Ils fonctionnent normalement sous 750 volts et avec le montage par deux en série pourront utiliser, s'il y a lieu, le courant continu à 1500 volts.

La suspension est identique à celle qui a été employée pour les moteurs des voitures 1re

et 2e séries. Toutefois, afin de permettre le démontage des moteurs par rotation supérieure ou inférieure autour de l'essieu, les cuvettes destinées à recevoir leurs ressorts de suspension et les becs prévus pour supporter les nez de chute ont été rendus amovibles.

Tout l'équipement électrique, y compris les résistances, le compresseur et son conjoncteur-disjoncteur est installé dans la cabine.

Cet équipement, du type Sprague multiple Unit Contrôle système PC, est constitué de façon telle qu'il peut fonctionner indifféremment sous 650 ou 1500 volts. Un dispositif spécial a été envisagé en vue de permettre le couplage des moteurs pour chacune des deux tensions et aussi afin de pouvoir isoler l'un des groupes de moteurs en cas d'avarie.

Un contrôleur commande l'inverseur et le cylindre de contrôle de l'arbre à cames pour l'enclenchement des contacteurs.

Le cylindre de contrôle permet l'enclenchement mécanique successif des contacteurs dans un ordre approprié. La commande se fait par des électro-valves qui alimentent les pistons de deux cylindres disposés face à face. Ces pistons agissent, par l'intermédiaire d'une crémaillère et d'une roue dentée, sur l'arbre à cames solidaire du cylindre de contrôle.

La marche AV ou AR est assurée au moyen d'un inverseur dont l'arbre du tambour est commandé par des électro-valves.

L'inverseur, le cylindre de contrôle, les contacteurs, les rupteurs, le relais d'intensité, le relais de surcharge et celui de tension sont groupés et montés sur un châssis unique.

Cet ensemble est fixé sur une charpente spéciale et à une hauteur qui facilite la visite et l'entretien des appareils.

Les résistances sont disposées par deux sur des cadres formant tiroirs dans un coffrage prévu à la partie supérieure de la cabine et ventilé au moyen de torpédos installés sur le toit de la voiture.

Le compresseur, placé également dans la cabine et sur le plancher, est du même type que celui qui est employé pour les voitures 2e série.

Les caractéristiques de ces voitures sont les suivantes :

D'axe en axe des bogies	12 *m*,460	Longueur totale du châssis de tampon à tampon	19 *m*,920
Entraxes des essieux d'un bogie	3 *m*,000	Hauteur de tamponnement	1 *m*,060
D'axe en axe des frotteurs	16 *m*,540	Hauteur de traction	1 *m*,060
Longueur du châssis	18 *m*,660	Largeur intérieure de la caisse	2 *m*,742
Tamponnement (du bord de la caisse et du châssis)	0 *m*,630	Poids à vide	57 *t*.

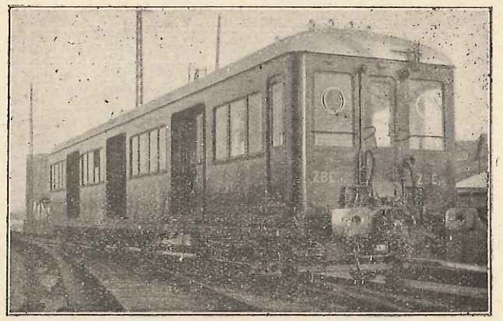
Nombre de places :

Places assises, 2e classe	58	Places debout (1re zone seulement) :	
Strapontins (compartiments)	14	2e classe (compartiments)	70
» (fourgon)	10	» (fourgon)	30
	82		100

La figure 30 donne une vue d'ensemble extérieure de cette voiture automotrice.

Remorques. — La caisse de ces véhicules est identique à celle des voitures automotrices. La disposition intérieure seule est modifiée. A une des extrémités, une cabine de commande a été

Fig. 30. — Voiture automotrice (3e Série).



réservée et le reste de l'emplacement disponible divisé en deux parties dont l'une (côté opposé à la cabine) forme le compartiment 1re classe, l'autre (côté cabine) celui de seconde.

Ces voitures possèdent aux deux extrémités l'attelage ordinaire. Toutefois, comme pour les automotrices, elles sont munies, du côté cabine, de l'attelage automatique à éclipse Boirault.

Les bogies sont à 4 essieux du type employé pour les voitures de grandes lignes.

Les caractéristiques sont les mêmes que pour la voiture automotrice. Seuls diffèrent :

Entraxes des essieux d'un bogie	2 *m*,500
Poids	37 *t*. 5

Nombre de places :

Places assises : 1re classe	28	34		Places debout (1re zone seulement) :	
strapontins	6			1re classe	97
2e classe	44	56		2e classe	
strapontins	12				
		90			

Ce sont ces voitures qui viennent d'être mises en service entre Paris-Saint-Lazare et Bécon-les-Bruyères d'une part, et entre Paris et Bois-Colombes d'autre part.

Elles permettent d'effectuer ces trajets en 11 minutes avec arrêts à Pont Cardinet, Clichy-Levallois et Asnières.

Les départs dans les deux sens ayant lieu, pendant les heures chargées, toutes les 15 minutes, sur chacune de ces directions, les gares intermédiaires se trouvent ainsi desservies toutes les 7,5 minutes ; en outre, les rames, suivant l'affluence des voyageurs, sont composées de 1, 2, ou 3 éléments de traction.

On a ainsi réalisé la première étape de l'électrification de la rive droite. La 2e étape, dont l'achèvement peut être prévu pour 1927, comprendra les lignes de Paris à Saint-Germain, en 1925, à Versailles rive droite, à Issy, à Saint-Nom-la-Bretèche et, enfin, à Argenteuil.

Renseignements divers relatifs au matériel roulant électrique

Désignation des Véhicules	Prix unitaire	Nombre	Partie Mécanique — Noms des Constructeurs	Partie Electrique — Noms des Constructeurs — Equipement	Partie Electrique — Noms des Constructeurs — Moteurs
Locomoteurs 1ère Série	Ces locomoteurs ont été construits en 1899. Prix unitaire: 110.000 f environ	9	Sté La Locomotion Electrique	Sté Westinghouse Cie Thomson-Houston	12: Sté Westinghouse 18 Cie Thomson-Houston 14 Brown-Boveri
Locomoteurs 2e Série	434.300 f	30	Schneider et Cie	33. Cie Thomson-Houston	132 Forges et Ateliers de Constns Electriques de Jeumont
Voitures automotrices 1ère Série	106219 f	18	9 Nord de la France 9 Cie Gle de Matériel	8 Cie Thomson-Houston 8 Forges et Ateliers de Jeumont 2 Sté Westinghouse	20 Sté Westinghouse 20 Forges et Ateliers de Constructions Electriques de Jeumont
Voitures automotrices 2ème Série	134.070 f	26	10 Nord de la France 10. Cie de Matériel de Chemins de Fer 6. Sté Lorraine de Dietrich	Cie Thomson-Houston Forges et Ateliers de Jeumont	98. Cie Thomson-Houston 47 Forges et Ateliers de Constns Electriques de Jeumont 100 Sté Westinghouse 50 Sté Alsacienne 50 Cie Electro-Mécanique
Voitures automotrices 3e Série	366520 f	50	Sté Lorraine de Dietrich	25 Cie Thomson Houston 25 Forges et Ateliers de Jeumont	98 Cie Thomson-Houston 47 Forges et Ateliers de Constns Electriq. de Jeumont 50. Cie Electro-Mécanique 23 Sté Alsacienne Tous ces moteurs sont prélevés sur les

Désignation des Véhicules	Prix unitaire	Nombre	Partie Mécanique — Noms des Constructeurs	Partie Electrique — Noms des Constructeurs — Equipements	Partie Electrique — Noms des Constructeurs — Moteurs
Voitures remorques 3ème Série	120.320 f	75	30 Nord de la France 35 Cie Indelle de Matériel de Transport 10 Sté Horme et Buire	40 Forges et Ateliers de Jeumont 42 Cie Thomson-Houston	
Voitures automotrices 4ème Série	495.460 f	95	35 Sté Lorraine de Dietrich 30 Cail 30 Horme et Buire	33 Cie Thomson-Houston 33 Forges et Ateliers de Jeumont 38 Cie Electro-Mécanique	72. Schneider et Cie 65 Cie Thomson-Houston 103. Forges et Ateliers de Constns Elect. de Jeumont 45 Cie de Fives Lille 50 Sté Alsacienne 24 Cie Electro-Mécanique
Voitures remorques 4ème Série	229.710 f	55	25 Baudet-Donon 30 Cie Franco-Belge	22 Cie Electro-Mécanique 38 Forges et Ateliers de Jeumont	