

Revue générale des chemins de fer (1924)

Revue générale des chemins de fer (1924). 1935/05.

1/ Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 :

- La réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source.

- La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

[CLIQUER ICI POUR ACCÉDER AUX TARIFS ET À LA LICENCE](#)

2/ Les contenus de Gallica sont la propriété de la BnF au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

3/ Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :

- des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

- des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.BnF.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

4/ Gallica constitue une base de données, dont la BnF est le producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

5/ Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

6/ L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur, notamment en matière de propriété intellectuelle. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

7/ Pour obtenir un document de Gallica en haute définition, contacter reutilisationcommerciale@bnf.fr.

CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN DE PARIS

L'ÉQUIPEMENT DE LA LIGNE N° 11 de la Place du Châtelet à la Porte des Lilas

Par **M. FAUCONNIER,**

INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES
DIRECTEUR DES TRAVAUX NEUFS
DE LA COMPAGNIE DU CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN

(Pl. VII et VIII).

Le Chemin de fer Métropolitain de Paris a déjà fait l'objet, dans la Revue, sous la signature de M. Godfernaux, de notes antérieures⁽¹⁾. Dans la dernière parue, l'auteur a résumé l'historique du Réseau, énuméré ses extensions futures et indiqué les projets d'aménagement des transports rapides dans la région parisienne.

L'achèvement du réseau urbain, en particulier, comportait la réalisation d'un certain nombre de lignes, parmi lesquelles étaient citées :

— le prolongement de la ligne N° 9, alors en cours de construction, du Carrefour Richelieu-Drouot à la Porte de Montreuil, par le boulevard Voltaire et la Place de la Nation ;

— la ligne N° 11, qui venait d'être mise en chantier, de la Place du Châtelet à la Porte des Lilas.

Le prolongement de la ligne N° 9 est terminé ; il a été ouvert à l'exploitation le 10 Décembre 1933.

Les travaux de la ligne N° 11 sont actuellement très avancés : l'ouverture de la ligne à l'exploitation a eu lieu le 28, Avril dernier. Les travaux d'aménagement de cette ligne font l'objet de la présente note.

Parallèlement à l'achèvement du réseau urbain, s'est poursuivie la réalisation du réseau de banlieue. Sur les quinze prolongements concédés (Convention du 1^{er} Octobre 1929), trois sont dès maintenant en exploitation :

1° le prolongement de la ligne N° 1, de la Porte de Vincennes au Château de Vincennes, ouvert au public le 24 Mars 1934.

2° le prolongement de la ligne N° 9, de la Porte de Saint-Cloud au Pont de Sèvres, ouvert au public le 3 Février 1934.

3° le prolongement de la ligne N° 12, de la Porte de Versailles à la Mairie d'Issy-les-Moulineaux, ouvert au public le 24 Mars 1934.

Sur d'autres lignes — urbaines et de banlieue — les travaux se poursuivent. On trouvera, in fine, l'état d'avancement des lignes en cours de construction et la consistance actuelle du programme d'extension du Réseau.

N. D. C. R.

(1) Nos de Septembre 1900, Avril 1903, Avril 1909, Novembre 1912, Septembre 1931.

* * *

La ligne métropolitaine N° 11 s'étend de la Place du Châtelet à la Porte des Lilas. Elle comporte deux parties, l'une, de l'Avenue Victoria à la Place de la République, l'autre, de la Place de la République à la Porte des Lilas ; ces deux parties ont été déclarées d'utilité publique, la première par un décret du 14 Mai 1925, la seconde par la loi du 30 Mars 1910.

* * *

I. — Indications générales sur l'Infrastructure.

Caractéristiques principales de la ligne N° 11. —

Longueur totale de la ligne entièrement souterraine (non compris le prolongement dans Les Lilas).....	6,291 km
Distance d'axe en axe des stations extrêmes.....	5,500 km
Nombre de stations.....	12
Distance moyenne entre stations.....	500 m
Plus courte interstation (Jourdain-Fêtes).....	318 m
Plus longue interstation (Arts et Métiers-République).....	717 m
Plus petit rayon de courbure.....	75 m

La longueur des stations a été fixée à 75 m. La délibération du Conseil Municipal de Paris du 27 Mars 1926, relative à l'allongement à 105 m des stations, ne vise en effet que les lignes Nos 1, 3, 4, 7, 8, 9. D'ailleurs les conditions du tracé, tant en plan qu'en profil, rendaient cette solution préférable.

La construction de la ligne comportait également la construction d'un souterrain de garage à 3 voies d'une longueur de 240 m sous l'avenue Victoria, et d'un raccordement de service à voie unique d'une longueur de 427 m, avec la ligne N° 3.

Tracé (Fig. 1). — La ligne part de la place du Châtelet et gagne la place de la République en empruntant le sous-sol de l'avenue Victoria, des rues de la Coutellerie, du Renard, Beaubourg, Réaumur et du Temple. Elle suit ensuite la rue du Faubourg du Temple et la rue de Belleville jusqu'à la porte des Lilas. Entre les stations « Jourdain » et « Télégraphe », sur une longueur de près de 800 m, le tracé de la ligne abandonne la rue de Belleville et se développe sous les immeubles, avant et après la traversée de la place des Fêtes.

Il convient de noter que le tracé primitif suivait la rue de Belleville sur toute sa longueur et passait ainsi à quelque 200 m de la place des Fêtes ; la modification de tracé réalisée a permis de créer une station assurant la correspondance entre les lignes 7 et 11.

L'étroitesse des rues empruntées a été une source de difficultés, pour l'implantation des stations en particulier. Des expropriations d'immeubles ont dû être effectuées rue du Faubourg du Temple, avenue Parmentier, rue de Belleville, rue des Fêtes, rue des Solitaires, rue du Pré St-Gervais et rue Compans.

Profil en long (Fig. 2). — Dans sa première partie, entre l'avenue Victoria et la place de la République, le souterrain se tient le plus possible au voisinage de la surface du sol. Des obstacles importants sont rencontrés : c'est ainsi que la ligne, dès l'origine, passe au-dessus

de la ligne N° 4 et moins de 60 m plus loin sous le collecteur Sébastopol ; la ligne N° 11 passe ensuite sous la ligne N° 1 (Vincennes-Maillot) et le collecteur Rivoli, puis sous le collecteur du Centre. Au voisinage de la place de la République, le souterrain, sur une longueur de 200 m, construite d'ailleurs à l'avance, lors des travaux récents des lignes des Grands Boulevards, passe successivement sous les souterrains de la ligne N° 3, des lignes N° 8 et 9, de la ligne N° 5 et du raccordement de service entre les lignes 3 et 5.

A partir de la place de la République, le profil en long se tend davantage. L'inclinaison générale de la ligne, sur près de 2 700 m, entre les stations « République » et « Télégraphe » est de 40 mm par mètre, coupée seulement de paliers aux stations. Le souterrain passe sous le canal St-Martin, sous la ligne N° 2 et le collecteur Nord, et s'enterre de plus en plus profondément à la traversée des quartiers de Belleville et d'Amérique. La distance verticale entre le plan du rail et la surface du sol est de 24 m environ à la station « Pyrénées » et atteint 27 m aux stations « Place des Fêtes » et « Télégraphe ». La ligne passe au-dessus du Chemin de fer de Ceinture et atteint la porte des Lilas en franchissant le raccordement des lignes 7 et 3 et les deux branches de la boucle terminale de cette dernière.

Nature du sous-sol. — Depuis l'avenue Victoria jusqu'à la place de la République, le souterrain est établi dans les terrains d'alluvions, le radier se trouvant au niveau de la marne rocheuse. Sous la rue du Faubourg du Temple et jusqu'au boulevard de la Villette, le souterrain se développe dans une marne blanche assez compacte. Sous la rue de Belleville, entre le boulevard de Belleville et la rue des Pyrénées, il traverse une zone d'éboullis anciens et d'excavations remblayées, coupées de bancs de gypse. Ensuite la ligne se maintient jusqu'à la porte des Lilas dans les marnes supragypseuses.

Construction du souterrain. — Le projet d'exécution présenté par le Service Technique du Métropolitain a été approuvé par délibération du Conseil Municipal en date du 10 Juillet 1930.

Les travaux, répartis en six lots, ont commencé en Septembre 1931, sauf en ce qui concerne le tronçon antérieurement construit sous la place de la République (Fig. 3).

Fig. 1. — PLAN DE LA LIGNE N° 11.

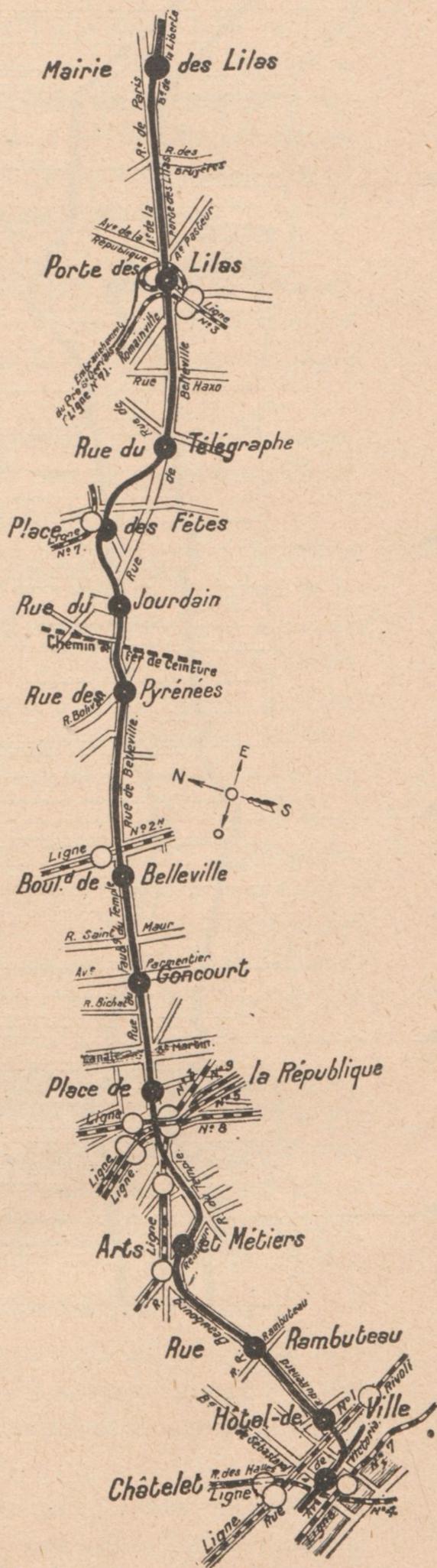
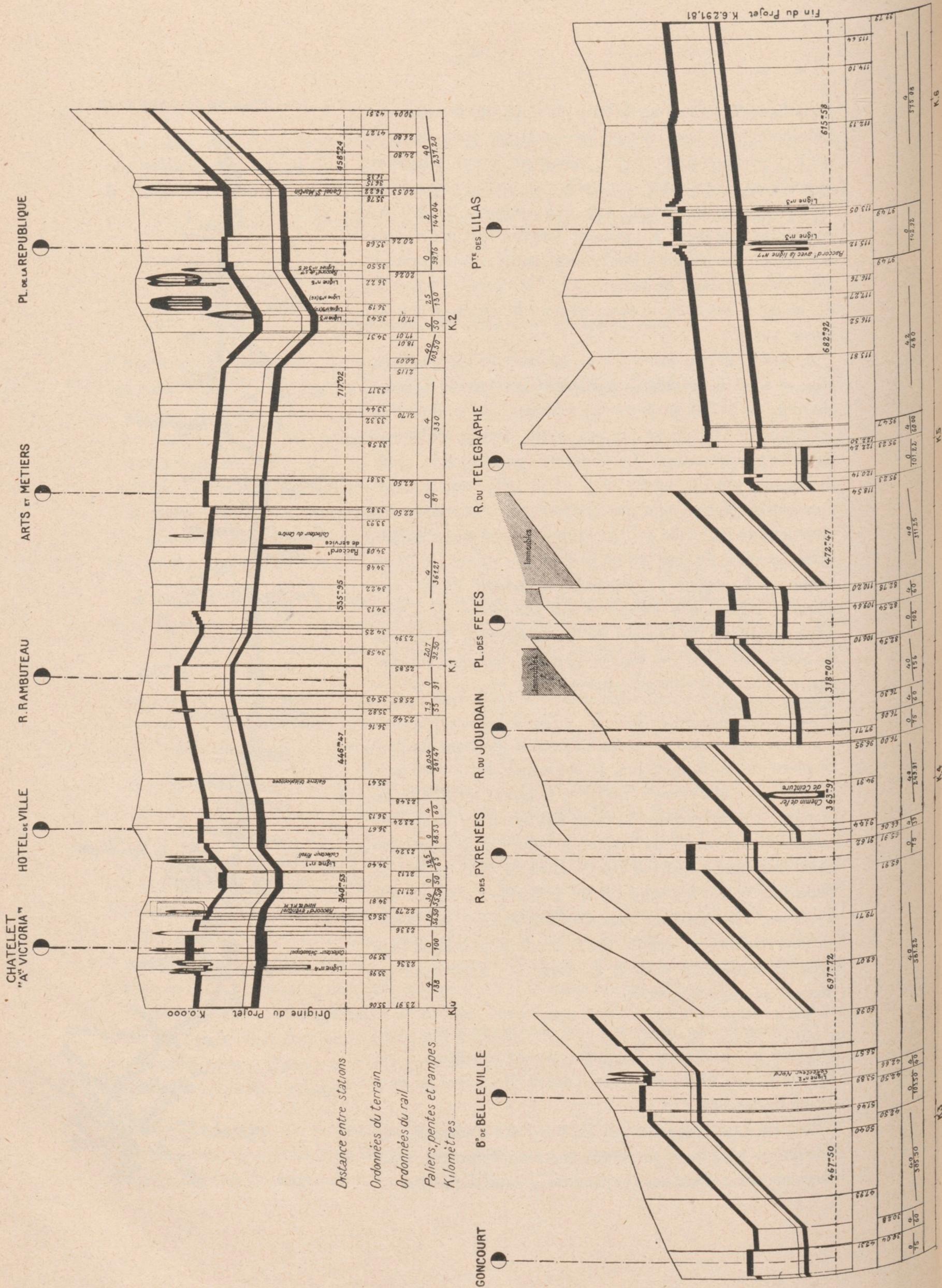


Fig. 2. — PROFIL EN LONG DE LA LIGNE N° II.



Les travaux place du Châtelet et avenue Victoria ont été exécutés en même temps que ceux des inter-communications des lignes Nos 1, 4, 7.

Les travaux ont été menés à bien dans des conditions très difficiles tenant à ce que l'on progressait au voisinage immédiat des fondations des immeubles, sous des rues étroites, à circulation importante. En certains endroits, notamment rue du Faubourg du Temple et rue de Belleville, le souterrain a été établi en partie sous des immeubles habités. Des précautions spéciales ont dû être prises pour la construction des stations. Au droit de la station « Hôtel de Ville », un mur de garde a été construit préalablement contre les immeubles des deux côtés de la rue du Renard ; on a procédé de façon analogue à « Arts et Métiers ». Pour les stations « République », « Goncourt », « Belleville », la maçonnerie de chacun des piédroits de la station a été exécutée en premier lieu, au moyen d'une galerie spéciale ouverte à l'emplacement du piédroit ; la voûte a été construite ensuite par le procédé ordinaire de la galerie axiale d'avancement.

En raison des pressions élevées que les maçonneries pouvaient avoir à supporter, la station « Télégraphe » a été divisée en deux parties par un piédroit central, de sorte qu'elle se compose, en réalité, de deux stations à une voie accolées l'une à l'autre.

La traversée sous le canal St-Martin a été exécutée après mise à sec de ce dernier. Les culées de l'ouvrage du canal ont été bloquées avec la maçonnerie de la voûte du souterrain de la ligne N° 11, qui est à cet endroit d'un type renforcé. La voûte, les piédroits et le radier comportent deux rouleaux séparés par un enduit lissé ; pour la voûte, le rouleau extérieur est en maçonnerie de meulière et le rouleau intérieur en maçonnerie de briques ; pour les piédroits et le radier, le rouleau extérieur est en béton ordinaire et le rouleau intérieur en béton de gravillon. Afin d'éviter tout risque de fissuration, la bêche du canal a été revêtue, sur une longueur de 20 m environ, d'un enduit armé.

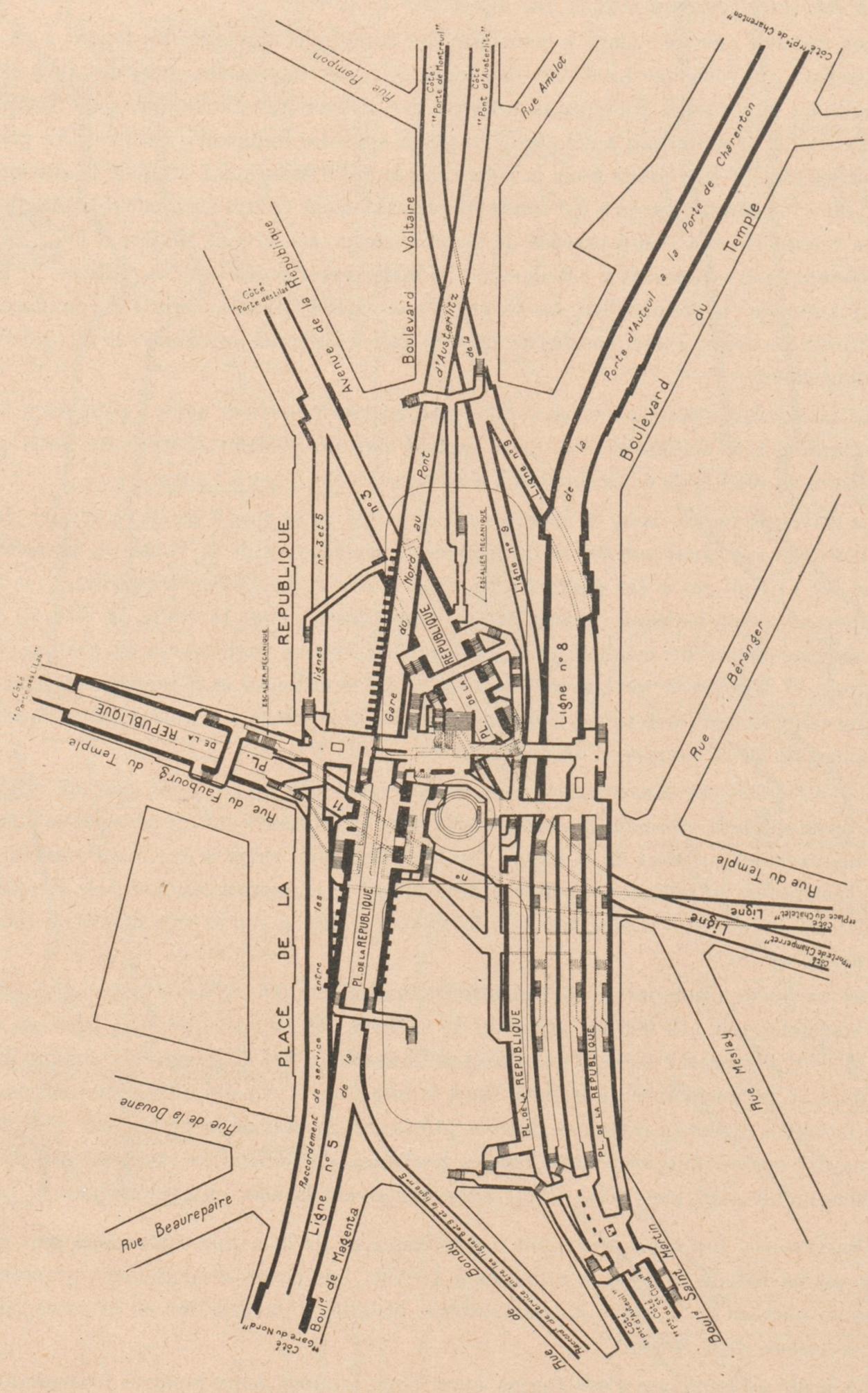
Les difficultés de construction dues aux terrains rencontrés n'ont pas été négligeables. Au voisinage de la place du Châtelet, de très forts épaissements ont été nécessaires pour obtenir un abaissement suffisant de la nappe aquifère. Plus loin, entre la rue des Pyrénées et la rue du Télégraphe, la présence, au-dessus des assises de la marne, de sables de Fontainebleau, constitués ici par des sables très fins imprégnés d'eau, a rendu très délicat le fonçage des puits de service.

Les travaux qui comportaient l'exécution d'environ 485 000 m³ de terrassements, 100 000 m³ de maçonnerie et 110 000 m³ de béton de cailloux ont été exécutés sous la haute direction de M. Ott, Inspecteur Général des Ponts et Chaussées, Chef du Service Technique du Métropolitain. L'infrastructure de la ligne était terminée en Avril-Mai 1934. Mais la construction des ouvrages d'accès à certaines stations présentait, du fait de la profondeur des quais et de la nature des terrains rencontrés (sables bouillants), des difficultés vraiment exceptionnelles, si bien qu'un assez long délai devait intervenir avant la mise en exploitation.

Puisards. — Les eaux provenant des infiltrations de la nappe souterraine sont recueillies aux points bas de la ligne et refoulées à l'égoût. Les postes d'épuisement proprement dits sont au nombre de 3, d'une puissance totale installée d'environ 200 ch et susceptibles d'un débit horaire de 1 800 m³.

Le poste « Coutellerie » est équipé avec deux groupes moto-pompes fournissant chacun un débit horaire de 170 m³ avec une puissance de 13 ch. Le poste « Arts et Métiers » possède

Fig. 3. — PLAN DES STATIONS DES LIGNES Nos 3, 5, 8, 9 et 11, SOUS LA PLACE DE LA RÉPUBLIQUE.



deux groupes d'une puissance de 9 ch, fournissant chacun un débit horaire de 90 m³. Le poste « Temple » est équipé avec deux groupes d'une puissance de 40 ch, fournissant chacun un débit horaire de 325 m³ ; il possède en outre deux groupes de secours identiques.

Il existe de plus un puisard destiné à l'épuisement des fosses de visite du terminus « Châtelet-Victoria » ; il est équipé avec un éjecteur à air comprimé, susceptible de donner un débit minimum de 3 m³ à l'heure.

Dans chaque poste d'épuisement, les deux groupes de pompes sont commandés par deux démarreurs automatiques indépendants ; ils peuvent être démarrés en cas de besoin avec un démarreur commun aux deux moteurs.

Ouvrages d'aération. — L'aération du souterrain est assurée par 26 ouvrages répartis sur les 6 km de la ligne à raison de deux ou trois par interstation.

Quatre de ces ouvrages, ménagés dans la partie profonde de la ligne, sont dotés d'un équipement mécanique de ventilation ayant pour but d'accélérer l'échange d'air entre le souterrain et l'atmosphère extérieure. L'un d'entre eux est installé dans un des piédroits de la station « Place des Fêtes ». Les autres sont placés dans le souterrain, au milieu d'une interstation, deux baies en communication libre avec l'extérieur étant situées de part et d'autre, à chaque extrémité de l'interstation. Ces baies sont destinées à l'entrée de l'air frais, l'air confiné du souterrain étant aspiré puis refoulé à l'extérieur par les ventilateurs.

Ces appareils sont du type centrifuge à axe horizontal, entraînés directement par des moteurs à excitation shunt et pôles de commutation alimentés sous la tension normale de 600 V. Ils sont étudiés pour deux régimes extrêmes de fonctionnement correspondant à des vitesses de rotation de 300 et 500 tours/mn ; à ces vitesses, leur marche est très silencieuse.

Un système de volets mobiles dont la fermeture et l'ouverture sont conjuguées respectivement avec la mise en route et l'arrêt de chaque ventilateur, permet d'établir une communication directe avec l'extérieur quand l'appareil est arrêté. La commande du ventilateur et des volets mobiles se fait à distance, depuis la station la plus voisine.

Pour les quatre ouvrages de la ligne N° 11, la puissance totale installée est de 40 ch environ, pour un débit horaire d'environ 120 000 m³ à 500 tours/mn.

Stations. — De la place du Châtelet à la porte des Lilas, sur une longueur de 5 500 m, la ligne N° 11 possède 12 stations :

- « Châtelet » (Avenue Victoria) (correspondance avec les lignes N°s 1, 4 et 7) ;
- « Hôtel de Ville » (correspondance avec la ligne N° 1) ;
- « Rue Rambuteau » (Fig. 4) ;
- « Arts et Métiers » (correspondance avec la ligne N° 3) ;
- « République » (correspondance avec les lignes N°s 3, 5, 8 et 9) (Fig. 3) ;
- « Goncourt » ;
- « Boulevard de Belleville » (correspondance avec la ligne N° 2) ;
- « Rue des Pyrénées » ;
- « Rue du Jourdain » (Fig. 5) ;
- « Place des Fêtes » (correspondance avec la ligne N° 7) ;
- « Rue du Télégraphe » (Fig. 6) ;
- « Porte des Lilas » (correspondance avec la ligne N° 3 et la navette N° 3/7).

A l'exception de la station « Rue du Télégraphe », qui possède un piédroit central, et des deux terminus « Châtelet-Victoria » et « Porte des Lilas », toutes les stations sont du type

Fig. 4. — PLAN DE LA STATION « RUE RAMBUTEAU ».

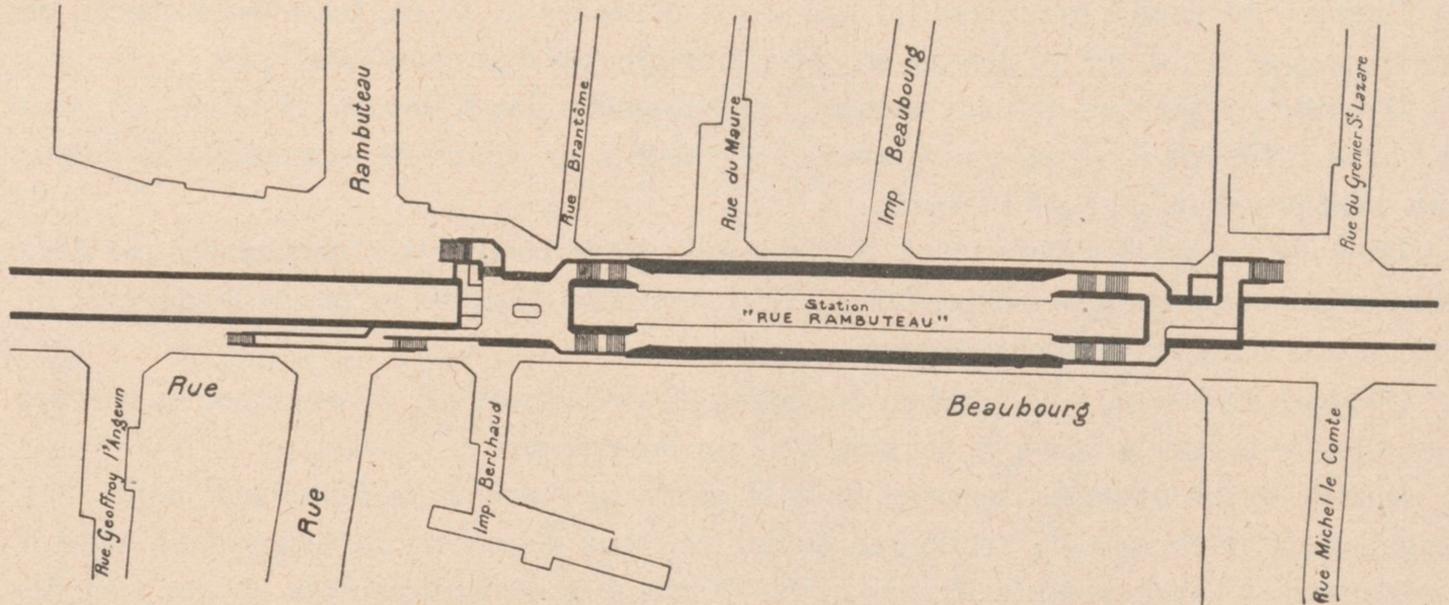


Fig. 5. — PLAN DE LA STATION « RUE DU JOURDAIN » (STATION PROFONDE).

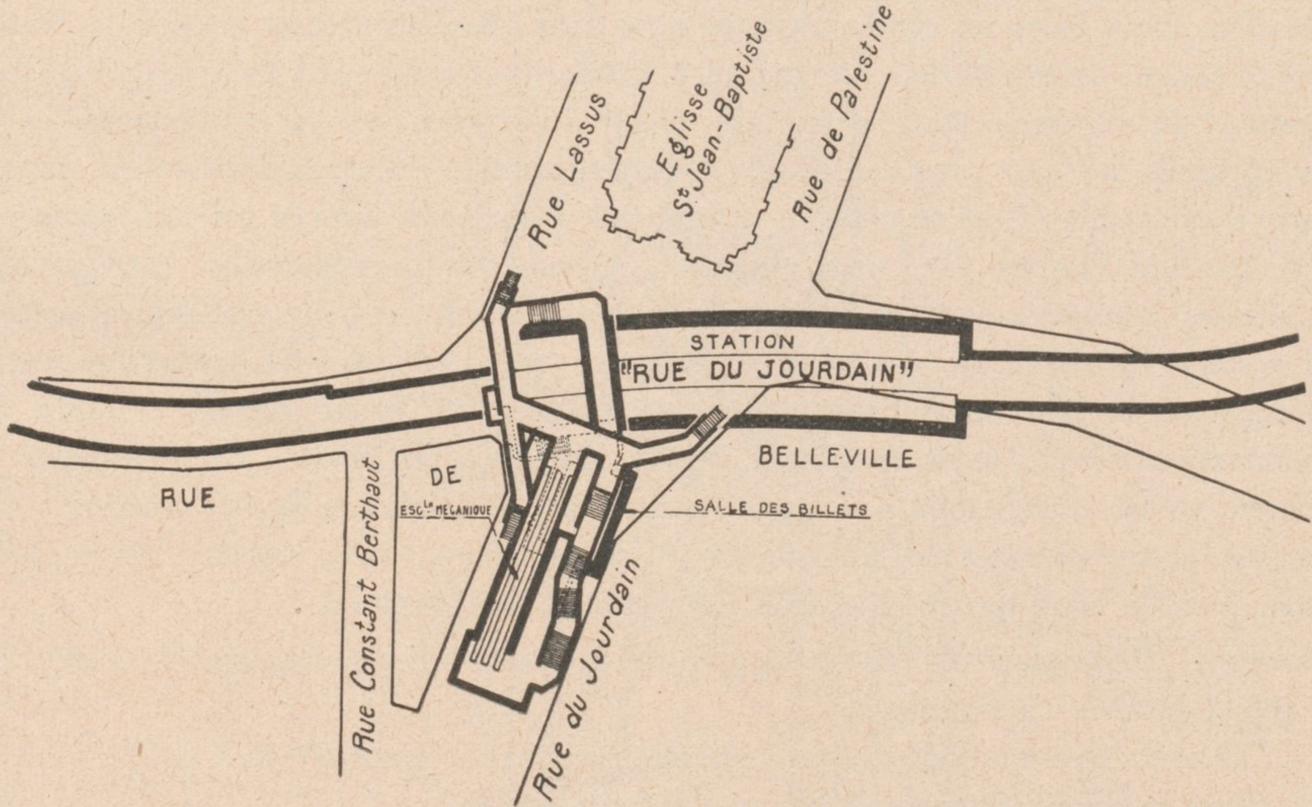
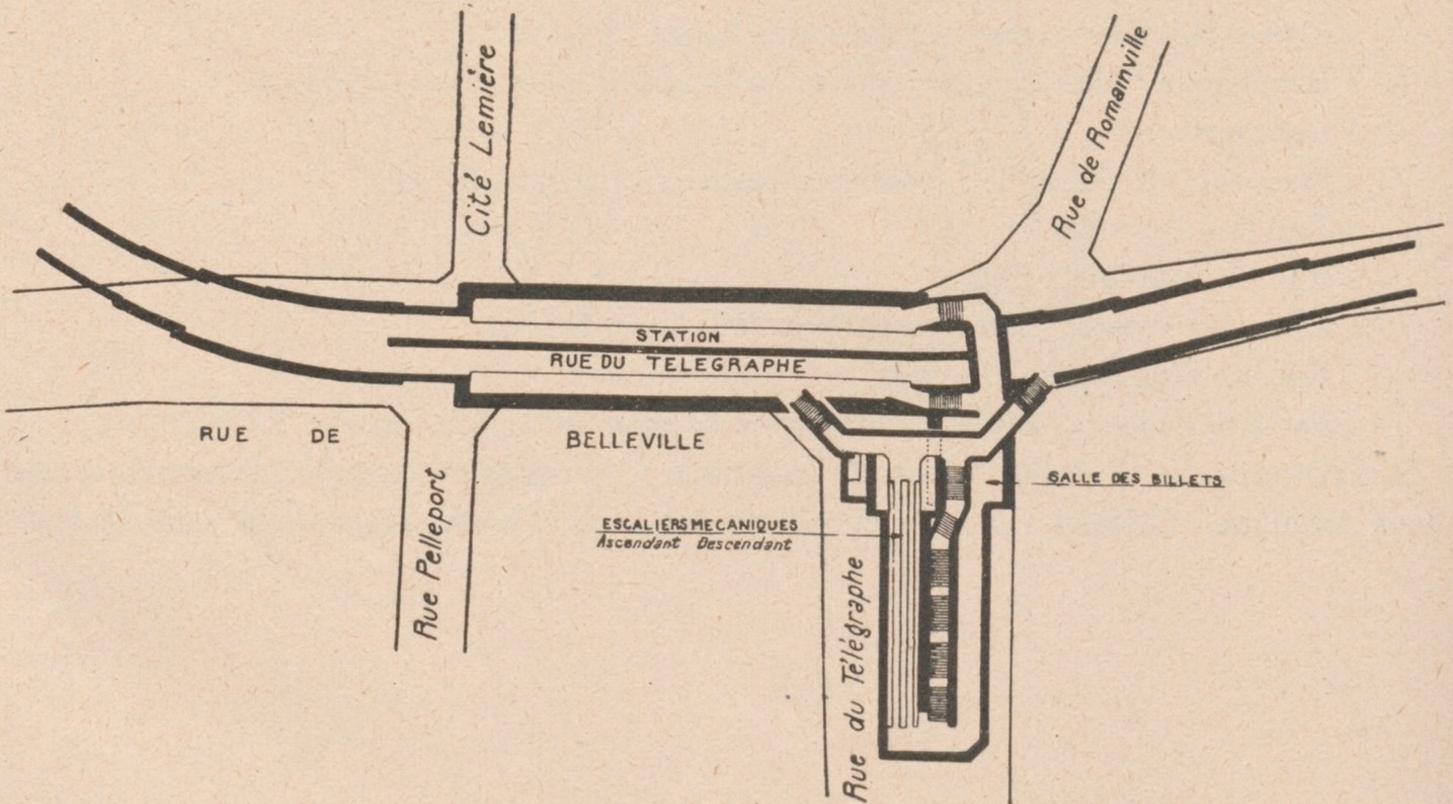


Fig. 6. — PLAN DE LA STATION « RUE DU TÉLÉGRAPHE » (STATION PROFONDE).



courant, à quais latéraux. La longueur des quais est uniformément de 75 m, comme il a été dit plus haut.

Le terminus « Châtelet-Victoria » est une station à trois voies, complétée, du côté du Théâtre du Châtelet, par un souterrain à trois voies, long de 100 m environ, formant tiroir de manœuvre et garage en fin de service, et, du côté de la Place de l'Hôtel de Ville, par un souterrain à trois voies, en cul-de-sac, d'une longueur utile d'environ 200 m, servant de garage.

Le terminus « Porte des Lilas » est constitué par une station à trois voies ; il est prolongé, du côté des Lilas, par un souterrain à trois voies, puis à deux voies, du type courant.

Dans le projet d'exécution primitif, ce souterrain, long d'environ 600 m, devait servir à la manœuvre, au garage des trains, et, provisoirement, au petit entretien. Or, le décret du 26 Décembre 1929 a déclaré d'utilité publique le prolongement de la ligne N° 11 de la porte des Lilas au Fort de Noisy. Bien que la construction de ce prolongement ne soit pas encore entreprise, la nécessité de raccorder à la ligne N° 11 un atelier d'entretien du matériel roulant qui sera situé sur le territoire de la commune des Lilas, a conduit, non seulement à allonger le souterrain terminal d'environ 650 m, mais encore à réaliser, avant le reste de la ligne, l'infrastructure de la station « Mairie des Lilas », première station en banlieue du prolongement envisagé.

Les dispositions adoptées ménagent la possibilité d'installer un terminus provisoire à cette station nouvelle, en attendant la mise en service complète du prolongement.

*
* *

II. — Accès aux Stations et Escaliers mécaniques.

Accès. — En général, l'accès aux stations se fait par une des extrémités seulement, avec salle de distribution des billets. Un accès supplémentaire est prévu pour trois des stations les plus chargées (Châtelet, Rambuteau, Arts et Métiers). A la station « Châtelet-Avenue Victoria », la distribution des billets s'effectuera dans une salle commune desservant toutes les stations « Châtelet » (lignes N°s 1, 4, 7 et 11).

Les accès proprement dits aux nouvelles stations de la ligne N° 11 comportent l'exécution de 39 débouchés sur la voie publique et de deux édicules (Place des Fêtes).

La nature du terrain rencontré a rendu difficile l'exécution de certains de ces accès, notamment à « Place des Fêtes » et à « Télégraphe ».

L'accès « Télégraphe » comporte un escalier fixe doublé d'un escalier mécanique dont les ouvrages accolés traversent une couche de sables bouillants aquifères d'une épaisseur de 2 à 3 m. Ces sables très fins constituent la base d'une couche épaisse (14 m environ) de sable de Fontainebleau, qui, à 6 m du sol, renferme un lit de grès de 1 m d'épaisseur moyenne.

La solution adoptée consistait à créer à l'aide de palplanches une enceinte étanche autour de la portion d'ouvrage incluse dans les sables bouillants, à exécuter la fouille, puis, après avoir asséché celle-ci, à monter les maçonneries à ciel ouvert. La difficulté de tenir les parois d'une fouille dont la largeur dépassait 11 m et la profondeur 16 m, a conduit à mener les travaux en deux phases et à établir en fait deux enceintes accolées, à l'aide d'un rideau de palplanches médian (Fig. 7). La deuxième fouille a été entreprise au moment où les maçonneries du premier ouvrage atteignaient un niveau suffisant (Fig. 8).

Fig. 7. — STATION «RUE DU TÉLÉGRAPHE», CONSTRUCTION DES ACCÈS.
VUE DE LA FOUILLE AVEC LES RIDEAUX DE PALPLANCHES.

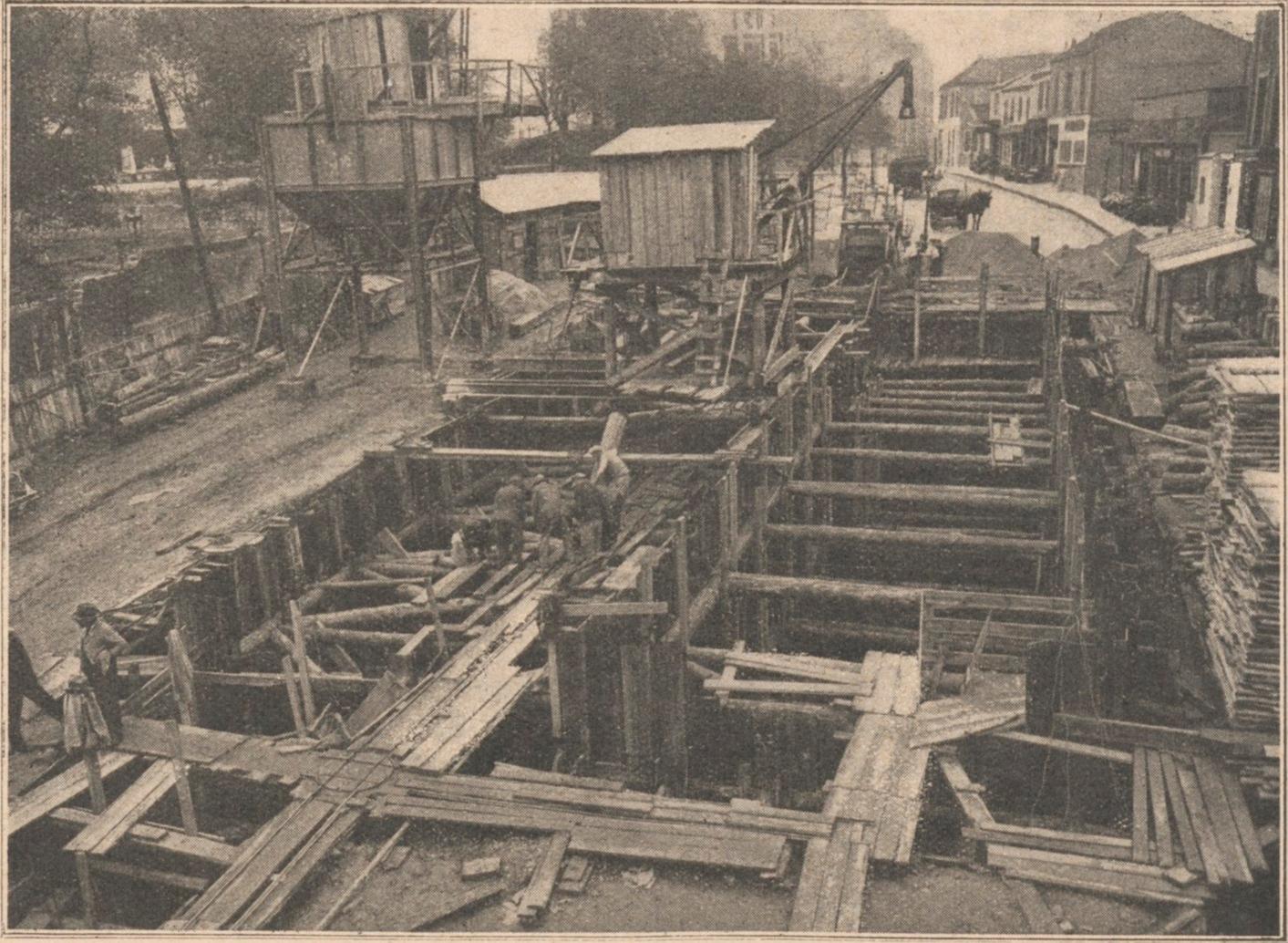
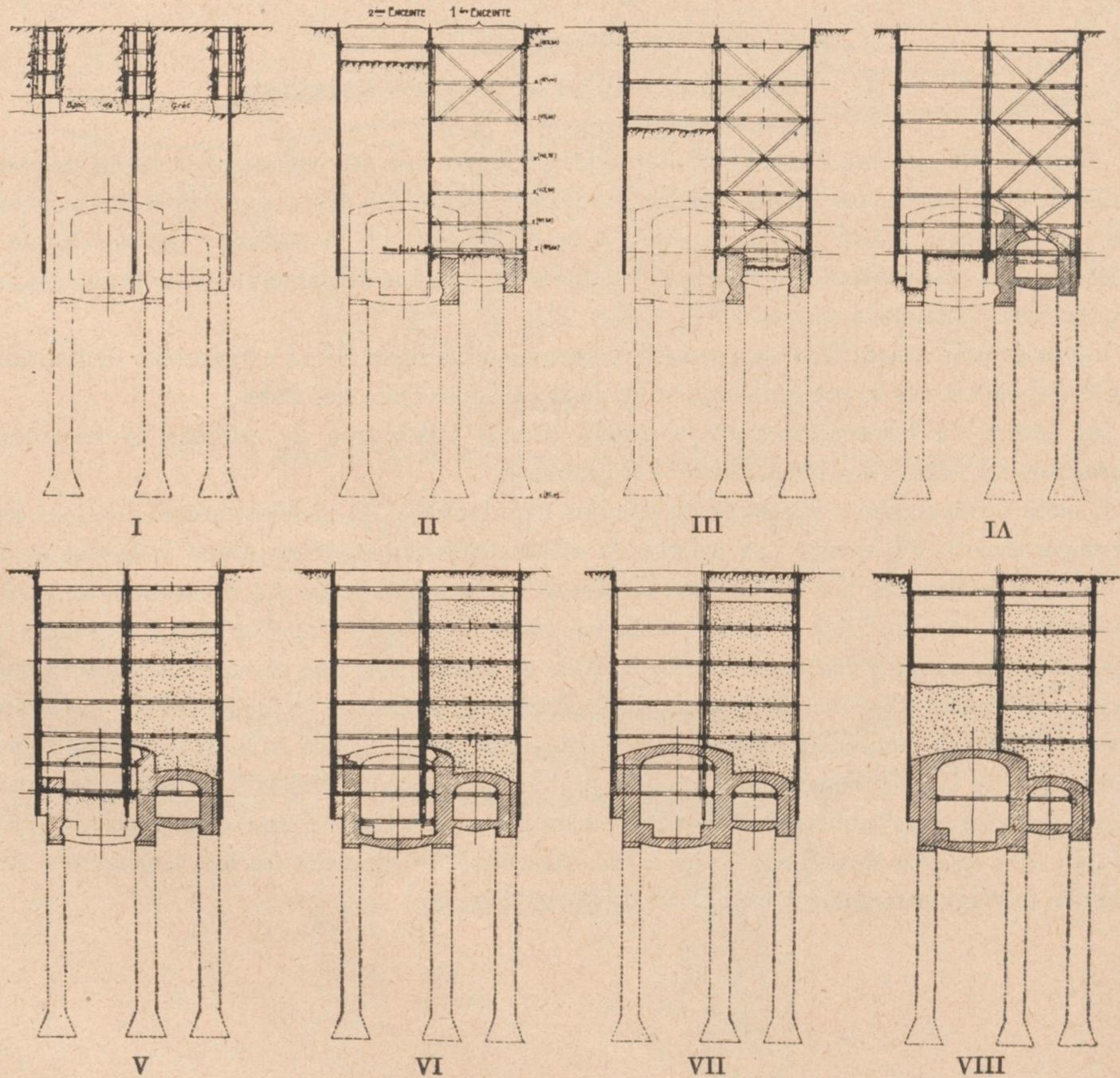


Fig. 8. — STATION «RUE DU TÉLÉGRAPHE», CONSTRUCTION DES ACCÈS. COUPES TRANSVERSALES
MONTRANT LES PHASES SUCCESSIVES DE L'AVANCEMENT DES TRAVAUX EXÉCUTÉS A CIEL OUVERT.



Le rideau de palplanches qui séparait les deux fouilles a été découpé ensuite au chalumeau pour permettre l'exécution de la voûte de l'escalier mécanique.

L'établissement de l'enceinte a comporté d'abord l'exécution d'une fouille périmétrique en tranchée boisée traversant le banc de grès et s'arrêtant au niveau inférieur de celui-ci ; puis le battage au marteau trépideur de palplanches Larssen de 13 à 14 m de longueur traversant la couche de sables boullants et venant s'encastrent dans les marnes à huitres.

Au cours des travaux, l'étanchéité des rideaux a été très satisfaisante et l'assèchement des fouilles obtenu sans difficultés ; 230 t environ de palplanches ont été battues, la longueur développée des rideaux étant d'environ 125 m.

L'accès « Place des Fêtes » posait un problème analogue qui a été résolu de la même façon ; mais l'absence de banc de grès a permis de battre les palplanches sans ouverture préalable d'une tranchée. Les travaux ont nécessité le battage d'environ 225 t de palplanches pour une longueur développée de 205 m environ.

Escaliers mécaniques. — La grande profondeur à laquelle sont établies certaines stations de la ligne rendait nécessaire l'installation d'appareils élévateurs. La préférence a été donnée aux escaliers mécaniques qui seuls permettent l'écoulement rapide et continu du public et restent utilisables même en cas d'arrêt intempestif. Les appareils qui vont être mis en service possèdent tous les perfectionnements de la technique la plus récente.

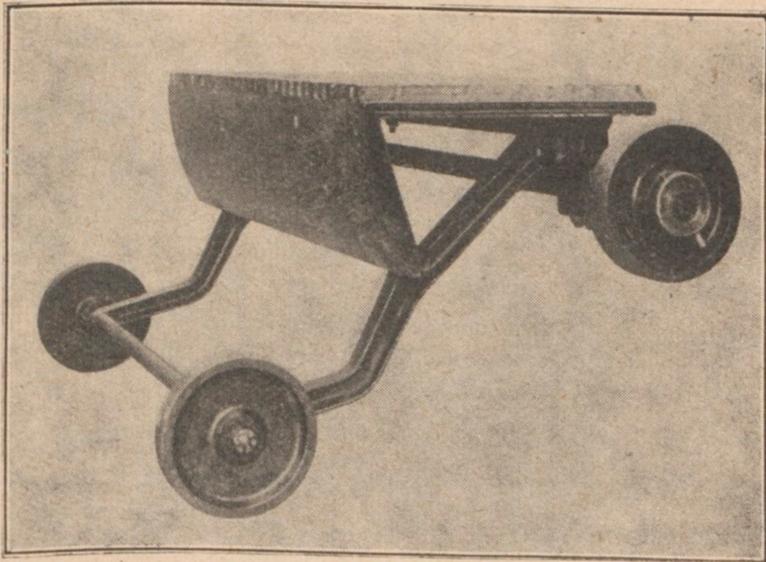
Un escalier mécanique (Pl. VII), comme on le sait, se compose essentiellement d'une série de marches solidaires de deux chaînes sans fin latérales. Les marches sont fixées sur ces chaînes par un axe situé à leur partie avant, la marche pouvant osciller autour de cet axe de manière à rester constamment horizontale, quelle que soit l'inclinaison de la chaîne.

Chaque marche (Fig. 9) est montée sur quatre galets et roule comme un chariot sur un système de rails et contre-rails continus de profil convenable.

Les galets avant, dits « galets de chaîne » sont montés aux deux extrémités de l'axe transversal d'entraînement et disposés, par rapport à la marche, à l'extérieur des rouleaux de chaînes. Les galets arrière, dits « galets de marche », sont montés à l'extrémité de béquilles. Il convient de remarquer, en passant, la différence des rôles joués par ces deux sortes de galets. Les galets de marche supportent uniquement la réaction développée par le poids de la marche, et la charge appliquée sur celle-ci. Les galets de chaîne supportent, en plus d'une réaction de même nature, une réaction d'entraînement provoquée par la courbure des rails.

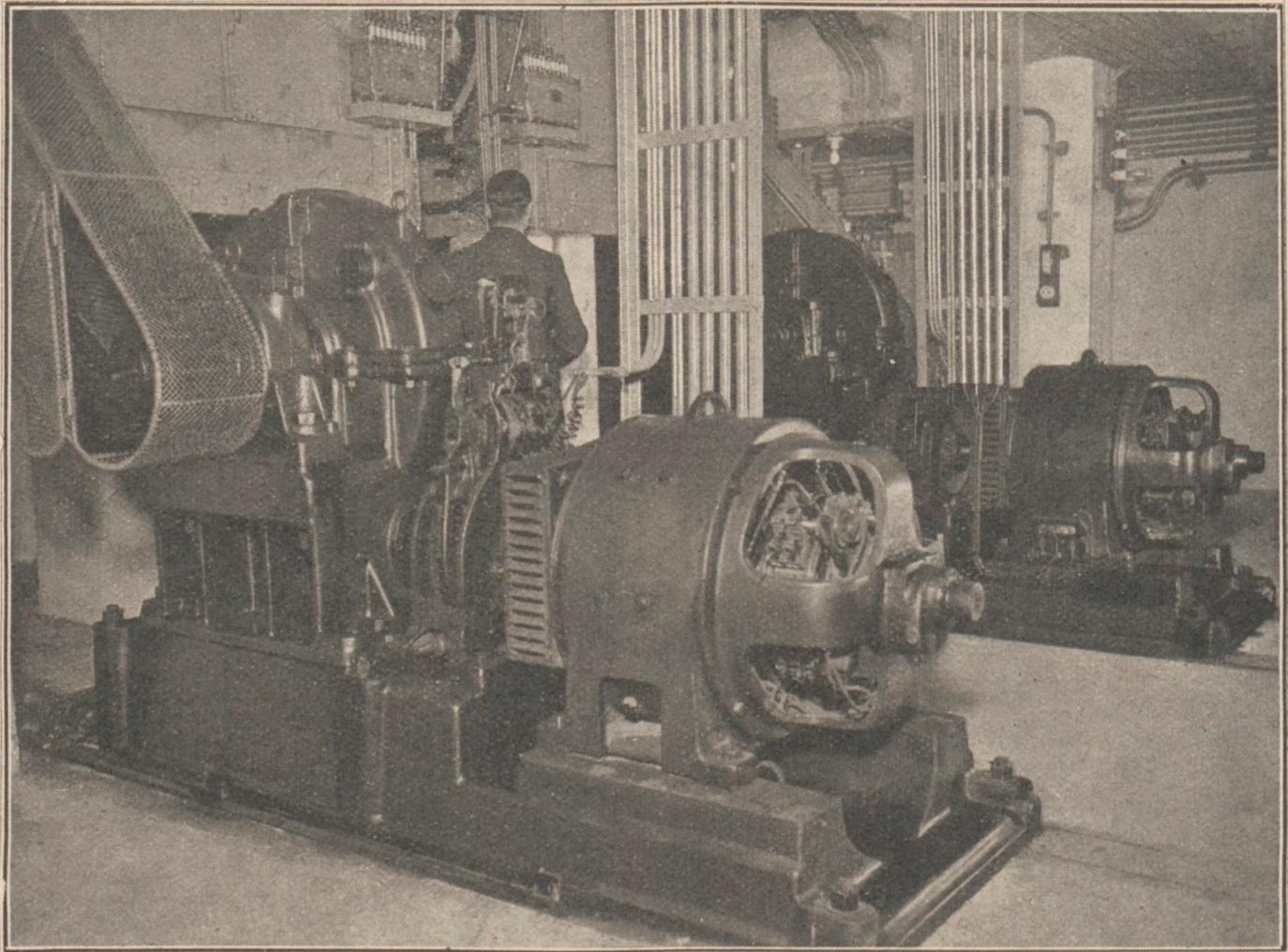
L'effort de traction de l'ensemble moteur s'opère sur les chaînes latérales. Elles engrènent par leurs rouleaux à chaque extrémité de l'escalier, sur deux roues dentées solidaires d'un même arbre, arbre principal ou d'entraînement en haut, arbre de renvoi en bas. Un moteur (Fig. 10) de puissance convenable commande l'arbre principal par l'intermédiaire d'un réducteur

Fig. 9. — MARCHE D'ESCALIER MÉCANIQUE.



hélicoïdal, à simple réduction, et d'une chaîne d'entraînement. Un dispositif spécial permet à l'arbre de renvoi de se déplacer parallèlement à lui-même dans son plan horizontal, de façon à assurer une tension constante des chaînes principales, à rattraper automatiquement

Fig. 10. — DISPOSITIF MOTEUR D'UN ESCALIER MÉCANIQUE.
VUE DU MOTEUR, DU RÉDUCTEUR DE VITESSE ET DE LA CHAÎNE D'ENTRAÎNEMENT.



le mou et à donner au système une certaine élasticité. A cet effet, l'arbre est monté sur un chariot mobile muni d'un dispositif de tension du type de renvoi de sonnette avec contrepoids (Fig. 11).

Deux mains-courantes mobiles se déplacent à une vitesse rigoureusement égale à celle des marches.

Les escaliers sont disposés de façon telle que le public puisse les aborder et les quitter facilement, sans appréhension. A chacun des paliers extrêmes (Fig. 12), une série de marches viennent se placer dans un même plan horizontal, constituant une sorte de plateforme mobile précédant l'escalier. Ces paliers sont raccordés avec la partie inclinée par des zones où les marches subissent un décalage progressif les unes par rapport aux autres, de manière à former ou à déformer l'escalier sous les pieds mêmes du voyageur. La stabilité des marches est obtenue par l'augmentation de l'empattement des galets porteurs, ce qui permet d'éviter tout basculement sous l'effet d'une charge appliquée au nez de la marche.

Le fonctionnement de ce type d'escalier est très silencieux. L'atténuation des bruits a été obtenue par l'emploi de galets en bakélite, de marches avec dessus en bois ignifugé, de rails rabotés montés sur cales en fibre, enfin de divers dispositifs d'ordre mécanique (rails réglables, etc...) destinés à éliminer tous les chocs.

Tous les escaliers mis en service sont réversibles, c'est-à-dire susceptibles de fonctionner aussi bien à la descente qu'à la montée des voyageurs ; le sens de marche peut être inversé sans réglage préalable.

Fig. 11. — DISPOSITIF DE TENSION DES CHAINES PRINCIPALES. VUE DU CHARIOT MOBILE ET DU CONTREPOIDS.

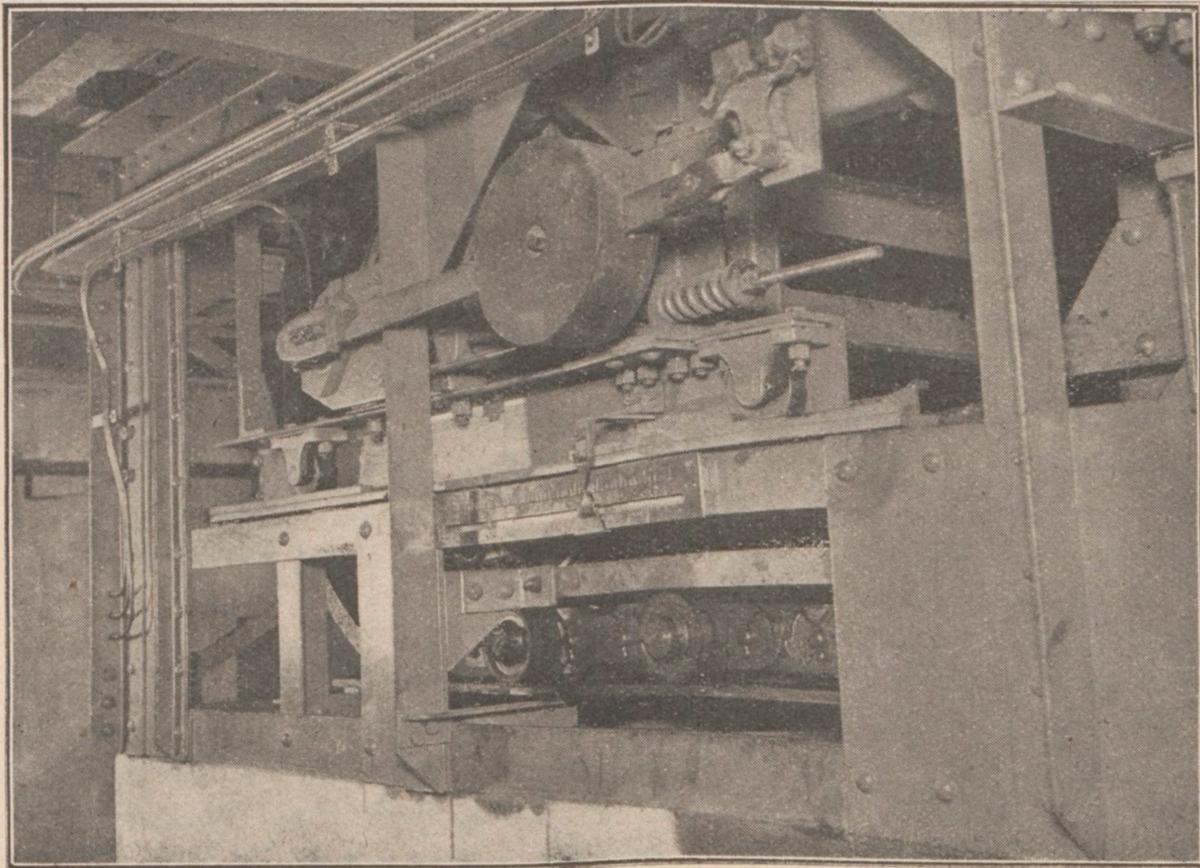
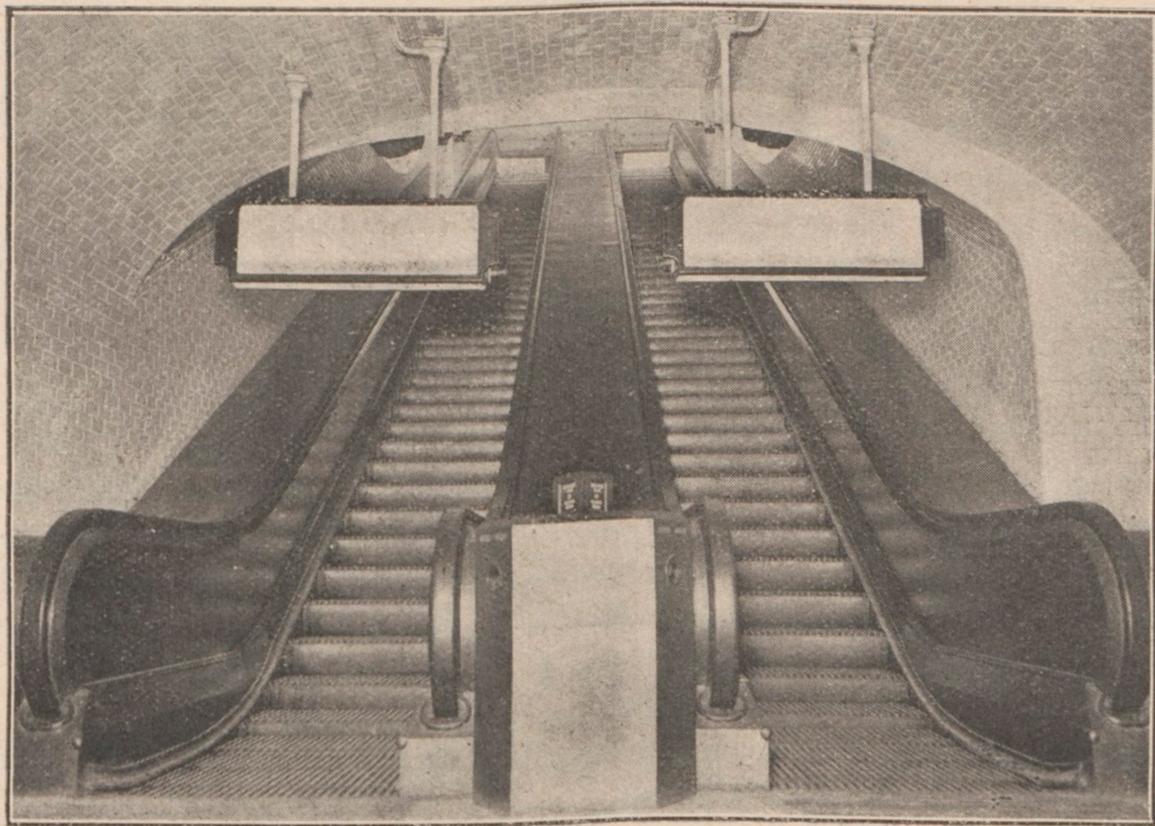


Fig. 12. — ESCALIERS MÉCANIQUES JUMELÉS DU TYPE « MH ».



Chacun d'eux est muni d'un double dispositif de freinage. En premier lieu, un frein dit « de machine » agit sur l'accouplement du moteur et de la vis du réducteur hélicoïdal ; il est

commandé par un ressort, dégagé et maintenu électriquement. En deuxième lieu, un frein à tambour, du type à mâchoires, commandé par un solénoïde flottant, est monté à l'extrémité de l'arbre principal de commande, du côté de la roue d'entraînement. Ce frein, dit « de secours », est appliqué par des ressorts et dégagé électriquement. Il a une puissance suffisante pour arrêter, selon les cas, soit un escalier de 12 m de hauteur verticale fonctionnant à vide à la vitesse de 40 m à la minute, soit un escalier de 27 m fonctionnant dans les mêmes conditions à la vitesse de 55 m par minute, sur une distance n'excédant pas 0,90 m, à partir de l'instant où l'interrupteur est ouvert, aussi bien dans le cas de la marche à main que dans le cas de la marche automatique. En outre, la puissance de freinage est suffisante pour maintenir immobile l'escalier de l'un ou l'autre type portant sur toutes ses marches une surcharge statique de 560 kg par m².

Le fonctionnement des freins est déclenché par l'action d'appareils à coupure de courant (boutons d'arrêt, interrupteurs commandés par le jeu des dispositifs de sécurité). Les deux freins sont en général appliqués simultanément ; toutefois, afin d'éviter un déclenchement trop fréquent du frein de secours, le frein de machine assure seul les arrêts *normaux* dans le cas de marche intermittente avec démarrage automatique commandé par cellule photo-électrique.

Chacun des escaliers mis en service comporte en outre certains dispositifs ayant pour but d'assurer la régularité de son fonctionnement et l'arrêt automatique et immédiat en cas d'avarie survenant aux organes essentiels.

Un régulateur de vitesse du type à force centrifuge provoque l'application d'urgence du frein de secours ainsi que l'application du frein de machine, lorsque la vitesse de l'escalier devient supérieure de 22 à 25 % à une vitesse de marche déterminée à l'avance. Le régulateur fonctionne dans les deux sens de marche ; il provoque en outre le même freinage dans le cas où il cesserait de tourner pour une cause ou une autre.

Un dispositif, mis en jeu par le déplacement du chariot mobile portant l'arbre de renvoi, à la partie inférieure de l'escalier, déclenche les freins si l'une ou les deux chaînes principales des marches viennent à se briser en un point quelconque ou à s'allonger d'une quantité déterminée.

Un détecteur d'usure, avec dispositif indicateur non effaçable, est chargé de révéler l'allongement excessif ou l'usure d'un maillon de chaîne, avant l'action de l'interrupteur du dispositif de rupture.

L'escalier est également arrêté et bloqué lorsque l'effort de traction à pleine charge s'accroît de plus de 25 %, ainsi que dans le cas de manque de courant d'alimentation ou de chute de tension supérieure à 140 V.

Enfin, deux interrupteurs, dits « à coup de poing », placés en haut et en bas de chaque escalier sont à la disposition du public et provoquent l'arrêt d'urgence.

Nous reviendrons plus loin sur le fonctionnement de ces dispositifs, à propos de l'appareillage électrique.

Les moteurs d'entraînement sont des moteurs à excitation shunt, alimentés à la tension normale de 600 V. Leur puissance varie de 27 à 56 ch pour les escaliers du type M (hauteurs d'élévation inférieures à 12 m) et de 74 à 150 ch pour ceux du type M H (hauteurs d'élévation comprises entre 13 et 27 m).

L'appareillage électrique est prévu pour assurer dans des conditions entières de sécurité les trois modes de fonctionnement suivants :

- a) *marche continue* avec démarrage par rhéostat à main ;
- b) *marche continue* avec démarrage *automatique* commandé par boutons-poussoirs ;
- c) *marche intermittente* avec démarrage automatique commandé par cellule photo-électrique.

Le principe du fonctionnement est le suivant : une lampe spéciale, placée au voisinage de chacun des peignes dirige un pinceau de lumière infra-rouge sur une cellule photo-électrique au sélénium. Le passage d'un voyageur, en interceptant le rayon infra-rouge, a pour effet de déclencher le démarreur automatique de l'escalier. Le fonctionnement se poursuit pendant un temps réglable selon la hauteur d'élévation et la vitesse de l'escalier, et suffisant pour permettre au voyageur d'atteindre le palier opposé. Le passage d'un second voyageur devant la cellule photo-électrique a pour effet de prolonger le fonctionnement d'une durée égale, et ainsi de suite, tant qu'il se présentera des voyageurs ; après quoi l'escalier s'arrêtera de lui-même. Le relais commandé par les cellules au sélénium est mis hors-circuit dans le cas de fonctionnement continu de l'escalier.

Parmi les escaliers mécaniques de la ligne N^o 11, trois seulement, les moins importants, ne seront pas munis du dispositif de commande par cellule photo-électrique.

Pour chacun des modes de fonctionnement énumérés ci-dessus, les escaliers sont susceptibles de deux allures de marche : *petite vitesse*, correspondant sensiblement au champ maximum ; *grande vitesse*, réglable à volonté par variation de la résistance d'excitation. Pour faciliter l'entretien des escaliers, on peut effectuer en outre les manœuvres suivantes : essai de la commande automatique sans mise en marche de l'appareil ; avancement lent ; dégagement du frein de secours.

L'appareillage électrique de chaque escalier comprend un tableau principal situé dans la machinerie supérieure, des appareils de commande et d'alarme extérieurs au tableau, des appareils de sécurité.

Le tableau principal est constitué par la juxtaposition d'un tableau de comptage, de coupure, et protection générale, d'un tableau de couplage permettant de passer de la marche automatique à la marche à main et comportant notamment les appareils de démarrage à main et l'inverseur de marche, d'un tableau de démarrage automatique et enfin d'un tableau de commande automatique par cellules photo-électriques.

Les appareils de commande et d'alarme extérieurs au tableau principal consistent, d'une part, en boutons de mise en marche et d'arrêt placés dans la machinerie supérieure et la cabine du surveillant, d'autre part, en signaux lumineux et sonores contrôlant le bon fonctionnement de l'escalier, réunis dans un tableau sous les yeux de cet agent. Une lampe au néon est allumée lorsque l'escalier est arrêté et prêt à fonctionner ; elle s'éteint en fin de démarrage si celui-ci s'est effectué normalement. Une sonnerie d'alarme, avec allumage d'une lampe témoin, signale l'arrêt provoqué par un des dispositifs d'arrêt d'urgence, dits « à coup de poing ». Enfin, une sonnerie signale toute perturbation sur le projecteur du relais photo-électrique en service.

Les dispositifs de sécurité, quel que soit le régime de marche de l'escalier, provoquent le déclenchement des freins en commandant mécaniquement des interrupteurs qui ouvrent le circuit d'alimentation des bobines de maintien des freins.

En particulier, le régulateur de vitesse, à boules, possède deux contacts placés en série sur le circuit d'arrêt : un contact armé à la main, normalement fermé, qui s'ouvre en cas de dépassement de la vitesse-limite admise, et un contact ouvert au repos, ne se fermant qu'après le démarrage. Ce deuxième contact a pour but d'empêcher le fonctionnement de l'escalier en cas de rupture de la chaîne d'entraînement du régulateur. L'escalier étant susceptible de fonctionner à deux vitesses de régime différentes, le réglage du régulateur est d'abord effectué normalement pour la vitesse maxima. Pour le fonctionnement en petite vitesse, l'excitation d'une bobine spéciale fait remonter la position initiale du doigt de déclenchement.

La protection contre un accroissement exagéré de l'effort de traction et contre l'insuffisance de tension met en jeu des dispositifs purement électriques : un disjoncteur à maxima d'intensité dans le premier cas, un relais à minima de tension dans le deuxième.

Signalons enfin que le détecteur de maillon usé actionne un contact spécial qui ouvre un circuit alimenté par piles, indépendant du circuit principal de commande. En cas de perturbation, il n'y a pas forcément arrêt de l'escalier, mais seulement apparition d'un voyant destiné à attirer l'attention des équipes d'entretien.

Dix-huit escaliers mécaniques sont répartis entre les stations de la ligne 11, à l'exception de « Rambuteau ».

Huit escaliers du type « M », dont les hauteurs d'élévation s'échelonnent entre 4,40 m et 10,85 m sont installés aux stations « Châtelet » (avenue Victoria), « Hôtel de Ville », « Arts et Métiers », « Place de la République », « Goncourt », « Belleville » et « Lilas ». Leur vitesse de translation est réglable de 30 à 40 m par minute ; la vitesse de rotation des moteurs de 680 à 910 tours par minute.

Dix escaliers du type « M. H. », dont les hauteurs d'élévation s'échelonnent entre 13 m et 22,45 m desservent les stations profondes de la ligne « Pyrénées », « Jourdain », « Télégraphe » et « Place des Fêtes ». Leur vitesse de translation est réglable de 30 à 55 m par minute ; la vitesse de rotation des moteurs de 330 à 600 tours par minute.

Les caractéristiques de chacun de ces appareils sont données dans le tableau ci-après :

LIGNE N° 11. — ESCALIERS MÉCANIQUES.

NOM DES STATIONS	NOMBRE d'escaliers	HAUTEUR d'élévation m	TREUILS		MOTEURS		VITESSE de translation de l'escalier mètres par mn	OBSERVATIONS
			Rapport de réduction	Rapports des pignons de chaînes	Puissance ch	Vitesse t/mn		
I. — TYPE " M " (Hauteurs d'élévation inférieures à 12 m)								
Châtelet (Av. Victoria)	1	9,90	28 1/3 : 1	60 : 23	56	680/910	30 à 40	
Hôtel-de-Ville	1	4,50	24 1/3 : 1	60 : 20	27	680/910	30 à 40	Palier supérieur court.
Arts et Métiers.....	1	4,40	24 1/3 : 1	60 : 20	27	680/910	30 à 40	
Pl. de la République..	1	7,68	28 1/3 : 1	60 : 23	40	680/910	30 à 40	Palier supérieur court.
Goncourt.....	1	6,88	28 1/3 : 1	60 : 23	40	680/910	30 à 40	
Boulev. de Belleville..	1	4,50	24 1/3 : 1	60 : 20	27	680/910	30 à 40	Palier supérieur court.
Porte des Lilas	2	10,85	28 1/3 : 1	60 : 23	56	680/910	30 à 40	
	8							
II. — TYPE " MH " (Hauteur d'élévation comprise entre 12 et 27 m)								
Rue des Pyrénées	2	14,60	18 1/6 : 1	68 : 22	74	330/600	30 à 50	
Rue du Jourdain	2	13,00	18 1/6 : 1	68 : 22	74	330/600	30 à 50	
Place des Fêtes.....	2	19,00	18 1/6 : 1	68 : 22	150	330/600	30 à 55	
	2	22,45	18 1/6 : 1	68 : 22	150	330/600	30 à 55	
Rue du Télégraphe...	2	19,00	18 1/6 : 1	68 : 22	150	330/600	30 à 55	
	10							
<p>NOTA. — Tous les appareils à l'exception de ceux des stations « Hôtel-de-Ville », « Arts et Métiers », « Belleville », comporteront un dispositif de commande automatique par cellule photo-électrique.</p>								

III. — Signalisation

Signalisation de block. — Le block-système appliqué sur la ligne N° 11 est le block automatique à voie normalement ouverte, avec section neutre et circuits de voie à courant alternatif, dont les principes de fonctionnement ont fait l'objet de l'article de M. JOLY dans le N° d'Août 1929 de la *Revue Générale des Chemins de fer*.

Le code de cette signalisation utilise trois indications :

Voie libre	1 feu blanc.
Avertissement	1 feu vert.
Arrêt de block	1 feu rouge.

Le block est à section neutre, c'est-à-dire que deux trains sont toujours séparés par une section qui ne peut être occupée et se trouve comprise entre deux signaux à l'arrêt. Dans certains cas, pour hâter l'entrée d'un train en station, la section neutre englobant cette station est commandée par un signal à trois feux (Fig. 13.) : blanc, vert et rouge, qui passe du rouge au vert permissif avant que la section suivante ne soit complètement dégagée.

Cette installation est réalisée suivant le schéma de la figure 14.

Dans les zones où la distance de visibilité est insuffisante, les signaux de block à deux ou à trois feux sont précédés de signaux répéteurs donnant le feu blanc ou le feu vert suivant que le signal principal donne l'indication voie libre ou voie occupée.

Tous les signaux de block sont pourvus d'un dispositif de contrôle de franchissement à l'arrêt, provoquant l'actionnement d'un contrôleur placé à la première station en aval.

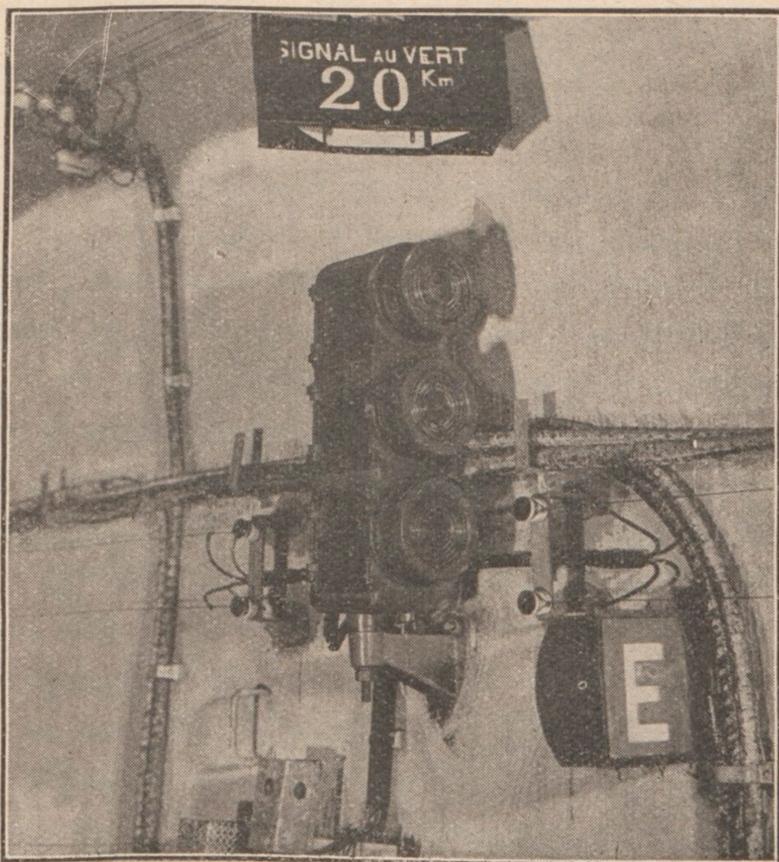
L'alimentation du block en courant alternatif basse tension est assurée par deux feeders (un par voie) alimentés par les sous-stations République et Lilas. Ces feeders, posés sur crochets, sont des câbles armés isolés au papier, comportant chacun trois conducteurs de phase, un conducteur neutre et un fil pilote.

Le courant d'alimentation est du courant triphasé 220 V entre phases, 50 périodes.

Tous les organes du block sont alimentés par courant alternatif entre phase et neutre, sauf les lampes rouges de tous les signaux et les lampes vertes des signaux répéteurs qui sont alimentées par le courant continu 600 V.

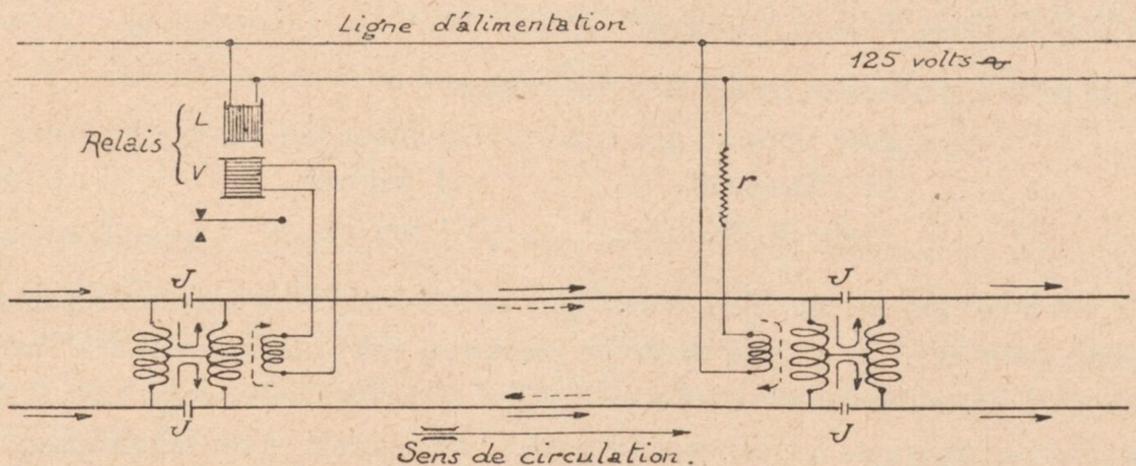
L'installation de block automatique sur la ligne 11, entre les terminus Châtelet-Avenue

Fig. 13. — SIGNAL D'ENTRÉE A 3 FEUX.



Victoria et Porte des Lilas, comporte près de 75 signaux dont une vingtaine de répéteurs. L'implantation de ces signaux permettra de réduire l'intervalle entre train jusqu'à 1mn 45sec, pour des trains de quatre voitures et des stationnements en gare de 20 secondes au maximum.

Fig. 14. — SCHÉMA DE PRINCIPE D'UN CIRCUIT DE VOIE A COURANT ALTERNATIF.



Signalisation de manœuvre des terminus. — Les lignes métropolitaines ne comportant en général que deux voies de circulation, c'est uniquement aux terminus que s'effectuent le rebroussement des trains, les opérations de garage et de dégarage, les relations d'échange avec les ateliers d'entretien, la visite des rames mises en ligne ou signalées comme présentant des avaries et enfin la régulation des départs, suivant un horaire établi d'après l'importance du trafic aux différentes heures de la journée.

Ces terminus présentent donc en général, en dehors d'une voie principale de réception et d'une voie de départ, soit une voie supplémentaire de réception et une voie supplémentaire de départ (terminus à quatre voies) pour assurer une régulation complète de la marche des trains et le retrait possible d'un train avarié, soit une seule voie d'arrivée et deux voies de départ (terminus à trois voies), dans le cas où les trains se succèdent à un intervalle tel que la régulation à l'arrivée est moins impérieuse.

Pour assurer la remise en ligne des trains dans le temps le plus réduit et diminuer ainsi, dans toute la mesure possible, le nombre de rames nécessaires, les manœuvres de rebroussement s'opèrent sans intervention manuelle par des communications à aiguille talonnable, à ressort de rappel, placées aussi près que possible de la station. Un trottoir longeant la voie de rebroussement et disposé au niveau du plancher des voitures permet au conducteur de changer de loge rapidement.

Les manœuvres de garage et de dégarage, de refoulement de voie de départ sur voie de garage sont en général commandées par des postes d'enclenchements électriques utilisant des signaux rectangulaires indépendants des signaux de block, et dont le feu rouge a une signification plus impérieuse que l'arrêt de block.

Terminus Avenue Victoria. — Ce terminus comporte une station à trois voies desservant un quai latéral d'arrivée (voie 1) et un quai axial de départ (voies 2 et 2 bis). A l'arrière-gare se trouve un ouvrage à trois voies comprenant une voie de garage A, une voie avec fosse de visite C et une voie de tiroir avec trottoir de manœuvre B. A l'avant-gare, se trouve un garage à trois voies D, E, F, raccordées aux voies de départ 2 et 2 bis.

Les trains seront reçus sur voie 1 quai, et effectueront leur manœuvre de rebroussement par la voie B de l'arrière-gare, pour être dirigés soit sur voie 2 quai, soit sur voie 2 bis quai par l'aiguille 870. Ces trains pourront aussi être garés sur la voie A par l'aiguille 875 normalement renversée pour donner accès à la voie B.

De voie 2 ou 2 bis, les trains seront mis en ligne, ou dirigés sur les voies de garage D, E, F, par les aiguilles 866 ou 874. Les trains de voie 2 bis quai pourront, en outre, être refoulés sur la voie C de l'arrière-gare destinée aux trains de réserve.

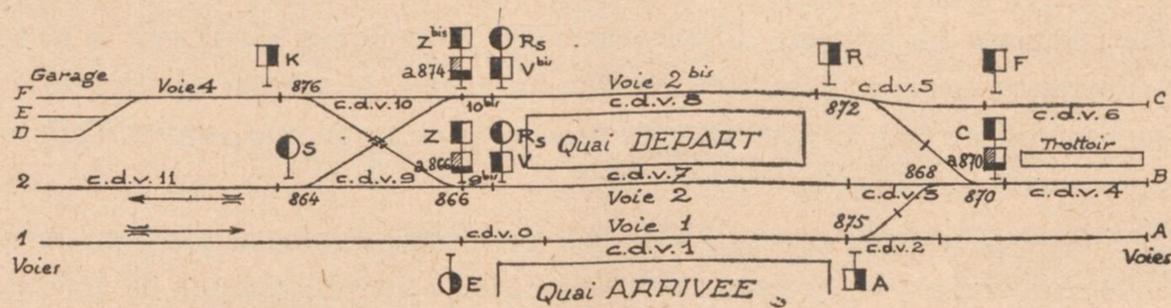
Les trains des voies C, D, E ou F, ne pourront avoir accès qu'à la voie 2 bis.

Afin que l'on puisse exécuter avec toute la sécurité nécessaire les manœuvres prévues par le programme ci-dessus, la signalisation de manœuvre et la commande des aiguilles sont placées sous la dépendance de circuits de voie et d'un poste d'enclenchements, constitué par une table d'enclenchements à leviers d'itinéraires.

L'emplacement des signaux et des appareils de voie est donné par le schéma ci-dessous (Fig. 15).

Les signaux d'entrée E et de sortie S sont des signaux normaux de block, ce dernier se trouvant répété, sur les voies 2 et 2 bis, à la sortie du quai départ.

Fig. 15. — TERMINUS « CHATELET » (AVENUE VICTORIA). SCHÉMA DES VOIES ET DE LA SIGNALISATION.



Les mouvements des trains sont protégés par les signaux de manœuvre A, C, F, K, R, Z et Z bis et les signaux de protection d'aiguilles a 870, a 866 et a 874. En outre, deux signaux de visite V et V bis sont placés au droit des signaux Z et Z bis et commandés à partir de la fosse correspondante. Les signaux A, C, Z et Z bis sont du type ordinaire, à deux feux, rouge et blanc. Les signaux F, K, R, sont à deux feux, rouge et vert. Les signaux d'aiguille a 866, a 870 et a 874 sont du type à trois feux rectangulaires, feu rouge horizontal, feux vert et blanc verticaux.

Les aiguilles 866, 870 et 874 sont à commande électrique ; elles sont munies de verrous mécaniques « Bardot » auxquels sont attelés les moteurs de commande ; on peut également les manœuvrer à la main, au moyen de leviers à secteur, le passage de l'un à l'autre mode de commande s'opérant par le simple déplacement d'un axe pilote.

L'aiguille 875 est manœuvrée par un levier à secteur ; les aiguilles 868, 872 et 876 sont à ressort de rappel et l'aiguille 864 à ressort amortisseur et boîte de manœuvre automatique et réversible. Dans la manœuvre à main, la protection de chaque appareil est assurée par une pédale électrique assurant le verrouillage du levier en cas d'occupation des circuits de protection.

La table d'enclenchements à leviers d'itinéraires servant à la commande à distance des aiguilles électriques et des signaux (à l'exception des signaux de block E et S et, du signal R)

possède quatre leviers basculants. Chacun d'eux peut occuper trois positions : une position normale bloquant les itinéraires donnés par le levier et deux positions de manœuvre donnant les itinéraires ci-après :

DÉSIGNATION DU LEVIER	POSITION	ITINÉRAIRE DONNÉ	SIGNAL COMMANDE
Levier C	Poussé	Voie B à voie 2 quai	Signal C
	Tiré	Voie B à voie 2 bis quai	
Levier Z	Poussé	Voie 2 quai à voie 2 départ.....	Signal Z
	Tiré	Voie 2 quai à voie 4	
Levier Z bis.....	Poussé	Voie 2 bis quai à voie 2 départ.....	Signal Z bis
	Tiré	Voie 2 bis quai à voie 4	
Levier K F	Poussé	Voie C à voie 2 bis quai	Signal F
	Tiré	Voies D, E ou F à voie 2 bis quai	Signal K

Pour l'itinéraire voie B-voie 2 bis quai, la jetée de l'aiguille 870 sera automatique, de façon que, dès fixation de l'itinéraire, l'aiguille se place en position voie directe pour l'admission au trottoir de manœuvre, et se renverse en direction voie 2 bis dès que son circuit de voie bloqueur sera dégagé par le train venant de voie 1 quai.

La table comporte un système d'enclenchements mécaniques s'opposant à la commande de deux itinéraires incompatibles. Les leviers sont munis de verrous électriques établissant des enclenchements de transit pour tous les itinéraires et un enclenchement d'approche pour les itinéraires commandés par le levier C.

La table d'enclenchements est complétée par un tableau lumineux placé au-dessus, représentant schématiquement les voies et indiquant l'occupation des circuits de voie, la position des aiguilles commandées électriquement et l'état des signaux.

On trouvera sur la Planche VIII le schéma synoptique des circuits principaux de la signalisation et des aiguilles électriques. Il nous paraît intéressant d'entrer ici dans le détail de la commande à distance d'un appareil ; nous prendrons par exemple l'aiguille 866.

Manœuvre de l'aiguille 866. — La commande de l'aiguille 866 s'effectue à distance par l'intermédiaire du levier Z. Celui-ci peut occuper trois positions : tiré, poussé ou normal.

La position levier normal bloque les itinéraires donnés par le levier. Les positions de manœuvre donnent les itinéraires suivants :

- Levier Z poussé.....Voie 2 quai à Voie 2 départ.
- Levier Z tiré.....Voie 2 quai à Voie 4.

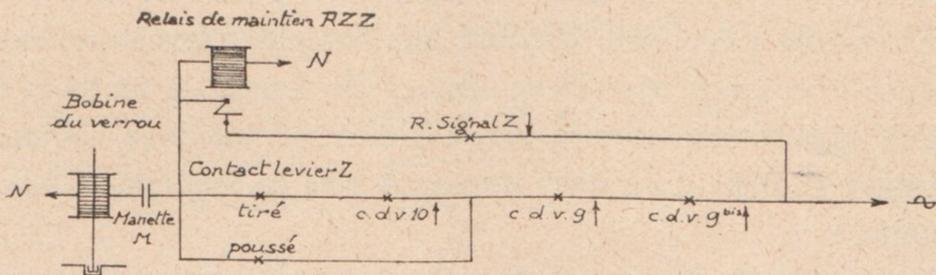
a) *Verrouillage du levier Z* (Fig. 16). — Le levier Z n'est jamais verrouillé lorsqu'il occupe la position levier normal. Lorsqu'il est en position de manœuvre, c'est-à-dire tiré ou poussé, deux cas sont à considérer suivant que le signal de protection de manœuvre Z est à l'arrêt ou à voie libre.

Dans le premier cas (feu rouge), le levier Z, qu'il soit tiré ou poussé, est constamment déverrouillé. Le circuit d'excitation de la bobine du verrou est fermé par un contact bas du relais du signal Z et un contact haut d'un relais de maintien RZZ.

Le verrou reste d'ailleurs en prise, le déverrouillage ne devenant effectif que si l'on agit sur la manette M dont est muni le levier.

Lorsque le signal Z passe à voie libre (feu blanc), le relais RZZ cesse d'être excité et le levier est normalement verrouillé. Il n'est déverrouillé que dans deux cas : pour la position levier tiré, si les circuits de voie 10, 9 et 9 bis sont libres, pour la position levier poussé, si les circuits de voie 9 et 9 bis sont libres.

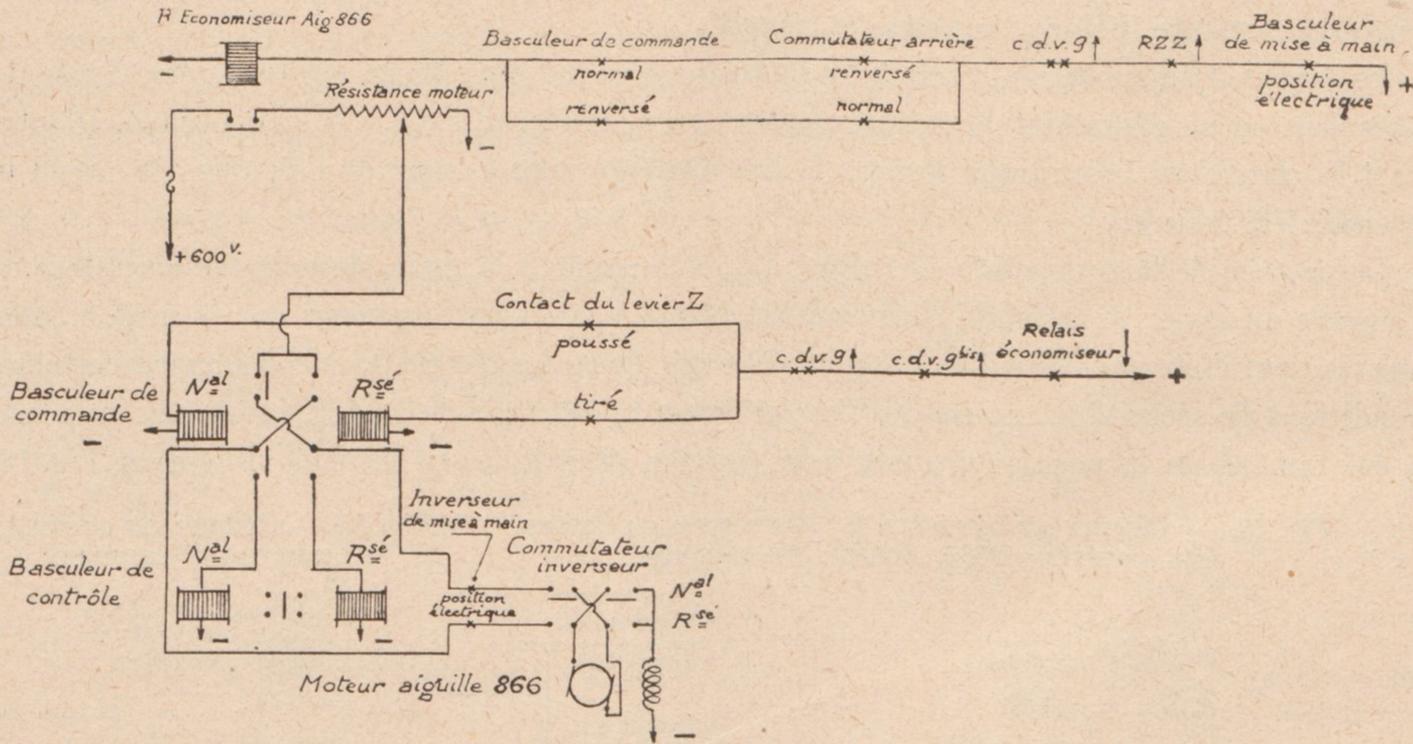
Fig. 16. — CIRCUIT DE VERROUILLAGE DU LEVIER D'ITINÉRAIRE « Z ». SCHÉMA DE PRINCIPE.



Le circuit d'excitation de la bobine du verrou est alors le suivant : phase, contacts hauts des relais du c.d.v. 9 et du c.d.v. 9 bis ; puis, en parallèle, soit contact haut du relais du c.d.v. 10 et contact levier tiré, soit contact levier poussé ; ensuite, enroulement de la bobine et neutre.

b) *Commande électrique de l'aiguille 866* (Fig. 17). — Le changement de position de l'aiguille est provoqué par le déplacement d'un basculeur de commande, suivant le mécanisme décrit ci-après.

Fig. 17. — CIRCUIT DE COMMANDE DE L'AIGUILLE « 866 ». SCHÉMA DE PRINCIPE.



Le circuit d'actionnement du basculeur passe par les contacts du levier en position tirée ou poussée, par les contacts hauts des relais des c.d.v. 9 et 9 bis et par le contact bas d'un relais dit « relais économiseur », dont le rôle sera défini plus loin. Puis, selon que le levier Z est tiré ou poussé, le circuit se ferme par l'une ou l'autre des bobines du basculeur. On voit que la fermeture de ce circuit implique que les c.d.v. 9 et 9 bis soient libres et que le levier d'itinéraire Z

occupe l'une de ses positions de manœuvre, c'est-à-dire soit tiré ou poussé. La manœuvre à distance de l'aiguille est impossible si ces conditions ne se trouvent pas réalisées.

Supposons le levier Z poussé. Les organes du basculeur, attirés vers la gauche, vont provoquer la mise en charge du moteur par le circuit suivant : positif dérivé d'une résistance alimentée par un circuit passant par un contact haut du relais économiseur, contacts du basculeur de commande, contact position électrique de l'inverseur de mise à main, contacts du commutateur inverseur du moteur, induit, inducteurs et négatif.

Le moteur tourne, déverrouille la barre de commande, jette l'aiguille, verrouille la barre en position inverse (verrou mécanique Bardot), fait basculer l'inverseur des pôles, ce qui a pour effet de couper le courant d'actionnement et de fermer le moteur, fonctionnant en génératrice par suite de la vitesse acquise, sur le circuit suivant de la bobine de gauche d'un basculeur de contrôle « Taylor » dont nous verrons le rôle en étudiant le fonctionnement des signaux de protection :

Positif du moteur, contact de l'inverseur des pôles, contact position électrique de l'inverseur de mise à main, contact de gauche du basculeur de commande, bobine de gauche du basculeur de contrôle « Taylor », inducteurs et négatif du moteur.

Quant au relais économiseur, son rôle est de ne fermer le circuit de la résistance alimentant en dérivation le moteur que sous certaines conditions, et seulement pendant le temps nécessaire au fonctionnement de l'aiguille. Son circuit d'excitation est le suivant :

Positif dérivé d'une résistance, contact du basculeur de mise à main en position commande électrique, contacts hauts du relais de maintien du verrou du levier Z, contacts hauts du relais du c.d.v. 9 ; puis en parallèle, soit commutateur arrière du moteur renversé, basculeur de commande normal, soit commutateur arrière du moteur normal, basculeur de commande renversé ; ensuite, bobine du relais et négatif.

Le circuit d'alimentation du moteur serait donc coupé pour toute position défectueuse du basculeur ou du commutateur arrière et, dans tous les cas, si le c.d.v. 9 était occupé. D'autre part ce circuit est interrompu lorsque le basculeur de mise à main de l'aiguille 866 prend la position « à main ».

Le passage de la commande électrique à la commande à la main, dans le cas d'attelage de l'aiguille au levier de secours, s'effectue en effet à l'aide d'un inverseur dit de mise à main agissant par l'intermédiaire d'un basculeur. Le rôle de ce dernier est de subordonner à certaines conditions de sécurité la reprise du fonctionnement électrique de l'aiguille lorsque l'inverseur a été ramené de la position à main à la position électrique. Le schéma ci-dessous (Fig. 18)

Fig. 18. — CIRCUIT DE CONTRÔLE DE MANŒUVRE A LA MAIN DE L'AIGUILLE « 866 ». SCHÉMA DE PRINCIPE.

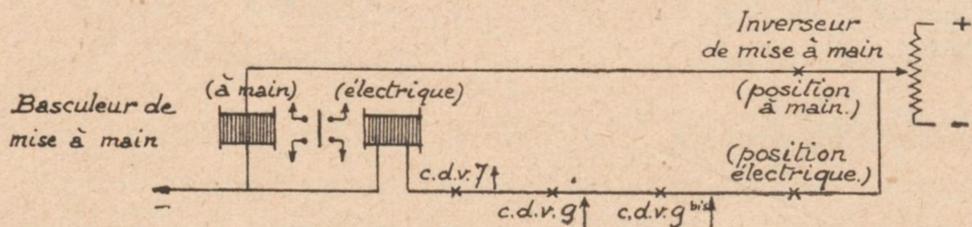
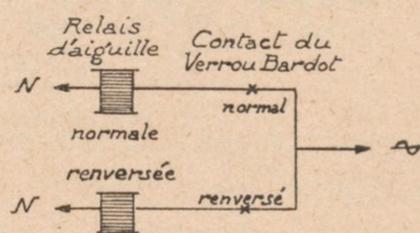


Fig. 19. — CIRCUIT DE CONTRÔLE DE POSITION D'AIGUILLE.



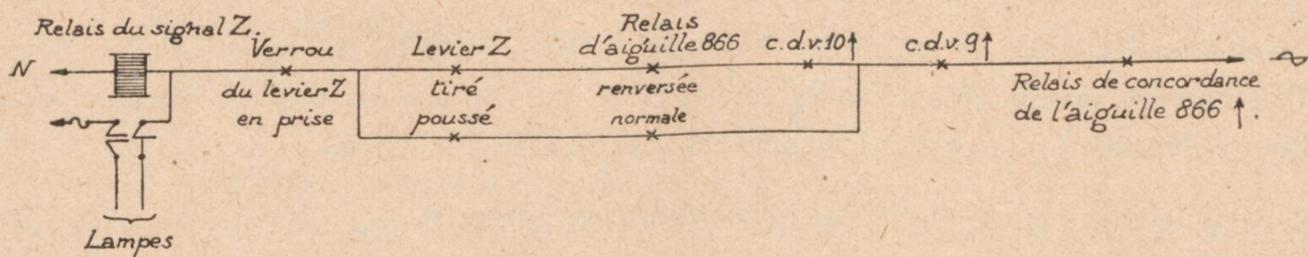
montre clairement que, dans ce cas, le basculeur ne peut revenir à la position électrique (condition nécessaire pour la fermeture du circuit d'alimentation du moteur de l'aiguille) que si les c.d.v. 7, 9 et 9 bis sont dégagés.

Un relais spécial (Fig. 19), dit relais de l'aiguille 866, enregistre le verrouillage et la position

de l'aiguille normale ou renversée. Il comporte deux bobines à circuits d'excitation distincts fermés, l'un par un contact du verrou Bardot en position normale, l'autre par un contact de ce même verrou en position renversée.

c) *Signal Z* (Fig. 20). — Le signal Z est un signal de protection de manœuvre commandant l'admission sur voie 2 départ ou sur les voies de garage D, E, F, des trains venant de voie 2 quai. Il est commandé par le levier Z et présente un feu blanc ou un feu rouge suivant que son relais est excité ou non.

Fig. 20. — CIRCUIT D'EXCITATION DU RELAIS DU SIGNAL « Z ». SCHÉMA DE PRINCIPE.

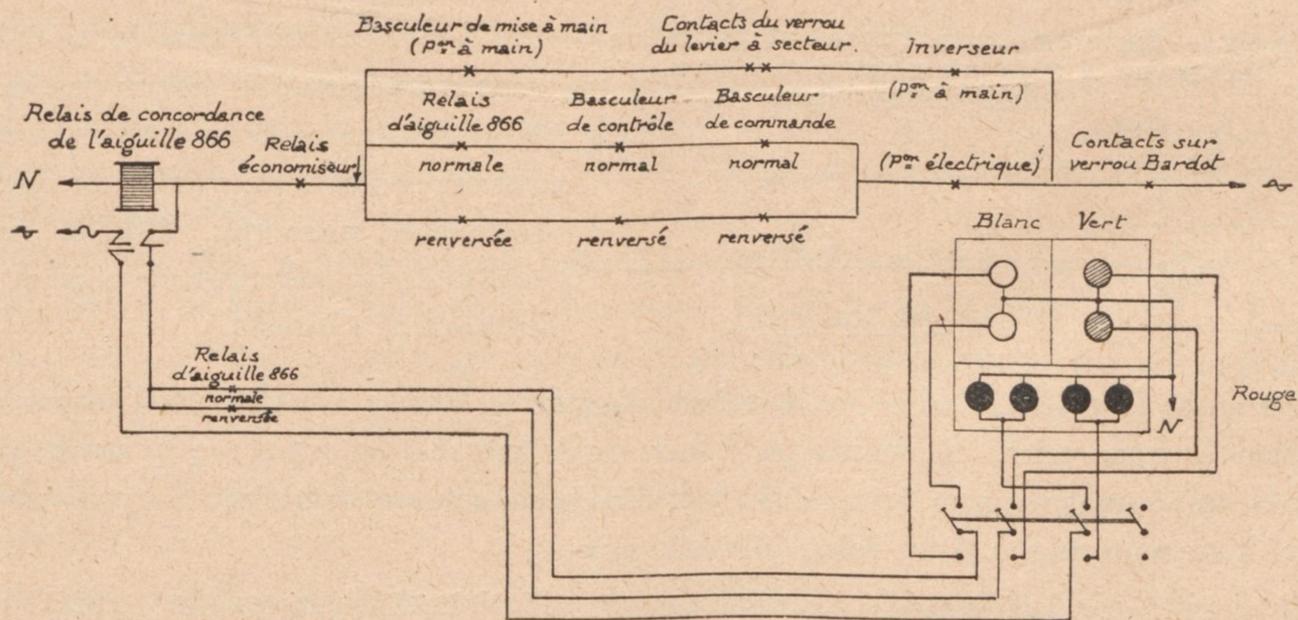


Les conditions d'excitation de ce relais (signal à voie libre) sont les suivantes :

Verrou du levier Z en prise ; aiguille 866 normale, pour la position levier Z poussé ; aiguille 866 renversée et c.d.v. 10 libre, pour la position levier Z tiré ; c.d.v. 9 libre. Il faut de plus que les conditions de contrôle de l'aiguille 866 soient satisfaites, ce qui se traduit par l'excitation d'un relais dit « de concordance de l'aiguille 866 » intercalé dans le circuit du signal Z, et dont il sera question plus loin.

Le circuit d'excitation du relais du signal Z est alors le suivant : phase, contacts hauts du relais de concordance de l'aiguille 866, contact haut du relais du c.d.v. 9 ; puis, en parallèle soit contact haut du relais du c.d.v. 10, contact haut du relais de l'aiguille 866 renversée et contact levier Z tiré, soit contact haut du relais de l'aiguille 866 normale et contact levier Z poussé ; ensuite, contacts du verrou du levier Z en prise, bobine du relais et neutre.

Fig. 21. — CIRCUITS DE COMMANDE ET DE FEUX DU SIGNAL D'AIGUILLE « a 866 ». SCHÉMA DE PRINCIPE.



d) *Signal a 866* (Fig. 21). — Le signal a 866 contrôle le fonctionnement de l'aiguille 866 et joue le rôle d'indicateur de direction. Suivant la position de l'aiguille et selon que le relais

de feu, dit aussi relais de concordance de l'aiguille 866, est excité ou non, il donne l'une ou l'autre des trois indications suivantes :

- Feu rouge horizontal (relais non excité) ;
- Feu blanc vertical (relais excité, aiguille normale) ;
- Feu vert vertical (relais excité, aiguille déviée).

A cet effet, le circuit d'alimentation du feu rouge passe par un contact bas du relais de concordance ; les circuits d'alimentation du feu blanc et du feu vert passent respectivement par les contacts hauts du relais de l'aiguille normale et du relais de l'aiguille renversée, ainsi que par un contact haut du relais de concordance.

L'excitation du relais de concordance dépend de trois circuits correspondant aux deux cas où l'aiguille est manœuvrée électriquement et se trouve soit en position normale soit en position renversée, et au cas où l'aiguille est manœuvrée à la main.

1° Aiguille manœuvrée électriquement ; (position normale).

Le circuit d'excitation du relais est le suivant :

Phase, contact sur verrou Bardot, contact de l'inverseur de mise à main en position électrique, contact du basculeur de commande normal et contact du basculeur de contrôle normal, contact du relais de l'aiguille 866 normale, contact bas du relais économiseur, bobine du relais de concordance et neutre.

On voit que la fermeture de ce circuit exige que la position des appareils de commande et de contrôle de l'aiguille 866 soit concordante, que cette aiguille soit verrouillée et que le circuit d'alimentation du moteur soit coupé.

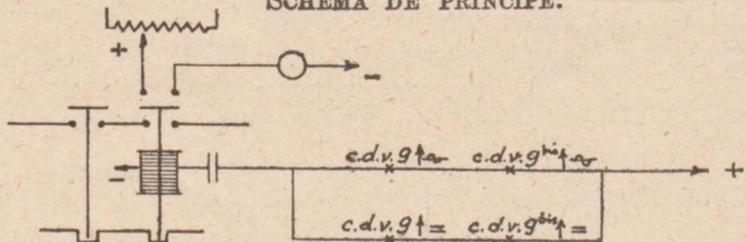
2° Aiguille manœuvrée électriquement ; (position renversée).

Le circuit d'excitation du relais est identique, la position renversée étant substituée à la position normale pour les basculeurs et le relais d'aiguille.

3° Aiguille manœuvrée au levier.

Dans ce cas, les conditions introduites par les contacts de l'inverseur en position électrique, des basculeurs et du relais de l'aiguille 866

Fig. 22. — CIRCUIT DE VERROUILLAGE DU LEVIER DE MANŒUVRE A MAIN DE L'AIGUILLE « 866 ». SCHEMA DE PRINCIPE.



des basculeurs et du relais de l'aiguille 866 sont shuntées par un circuit passant par le contact de l'inverseur position « à main », par les contacts du verrou du levier à secteur en prise (fig. 22), et par les contacts du basculeur de mise à main en position « à main ».

Terminus Porte des Lilas. — Ce terminus comporte, comme à « Châtelet-Victoria », une station à trois voies. Il n'existe pas d'ouvrage de garage à l'avant-gare ; à l'arrière-gare se trouve un ouvrage à trois voies, avec trottoir de manœuvre desservant la voie médiane, suivi d'un souterrain à deux voies, formant garage.

Il n'existe pas ici de table d'enclenchements à leviers d'itinéraires. La commande des aiguilles électriques et des signaux de manœuvre s'effectue à l'aide de clés. Parmi celles-ci, les unes font partie d'un poste de commande installé dans le bureau du chef de départ, les autres sont placées en campagne, au pied des signaux correspondants. Certaines clés sont

munies d'un verrou électrique ne permettant leur manœuvre que si les conditions de sécurité sont remplies.

Un tableau lumineux représente schématiquement les voies, et traduit l'occupation des circuits de voie, la position des aiguilles et l'état des signaux.

IV. — Sous-stations

L'alimentation de la ligne N° 11 en courant continu 600 V ne nécessitera pas la construction de sous-stations nouvelles. Elle sera assurée par les sous-stations République et Lilas.

La sous-station République possède trois commutatrices de 3 000 kW. Elle contribue déjà à l'alimentation des lignes N°s 3, 5, 8 et 9 et possède un excédent de puissance suffisant pour faire face à cette nouvelle demande de courant. Une galerie de câbles, longue d'environ 200 m, relie cette sous-station à la ligne N° 11.

La sous-station Lilas contribuait avec trois redresseurs à vapeur de mercure de 1 200 kW, à l'alimentation des lignes N°s 3 et 7 ; l'installation d'un redresseur supplémentaire de 1 200 kW lui permettra d'assurer l'alimentation de la section correspondante de la ligne N° 11.

*
* *

Pour terminer, il nous paraît intéressant d'indiquer brièvement quelles sont actuellement les lignes nouvelles en construction ou en projet.

A. — *Dans Paris*, les travaux en cours sont nombreux et importants.

1° La ligne N° 14, qui va de la gare Montparnasse à la Porte de Vanves, par l'avenue du Maine et la rue de Vanves, a été entreprise en 1933. Cinq stations : « Place Bienvenüe », « Rue de la Gaîté », « Rue Pernety », « Plaisance » et « Porte de Vanves-Ouest-Ceinture » jalonnent son parcours.

2° La ligne N° 8 bis, embranchement de la ligne N° 8 de « La Motte-Picquet-Grenelle » à la Porte de Sèvres, par la rue du Commerce et l'avenue Félix-Faure, a été entreprise en Juillet 1933. Elle possèdera six stations : « La Motte-Picquet-Grenelle », « Rue du Théâtre », « Avenue Félix-Faure », « Rue de la Convention », « Rue de Lourmel », « Porte de Sèvres ».

3° Deux raccordements, l'un entre la ligne N° 8 actuelle (« La Motte-Picquet-Grenelle ») et la ligne N° 10 actuelle (« Duroc ») par l'Avenue de Ségur et la rue de Sèvres ; l'autre entre la ligne N° 10 actuelle (« Duroc ») et la ligne N° 14 (« Place Bienvenüe ») par le boulevard du Montparnasse et l'Avenue du Maine.

L'exécution de ces raccordements est nécessitée par une modification à intervenir dans l'exploitation des lignes N°s 8 bis, 10 et 14, comme il est indiqué un peu plus loin.

4° Enfin, on vient d'entreprendre, au titre du programme de grands travaux contre le chômage (Plan Marquet), le prolongement de la ligne N° 10 de la Place Jussieu à la Gare d'Orléans-Austerlitz.

Après achèvement de ces travaux l'exploitation nouvelle des lignes N°s 8, 10 et 14 sera la suivante :

a) Ligne N° 8 nouvelle, de la Porte de Sèvres à la Porte de Charenton.

b) Ligne N° 10 nouvelle, de la Porte d'Auteuil à la Place Jussieu et à la Gare d'Orléans-Austerlitz.

c) Ligne N° 14, de la Porte de Vanves aux Invalides.

A ces travaux s'ajoutent ceux de la Porte Maillot qui ont pour objet la construction au delà du Chemin de fer de Ceinture d'une nouvelle station terminus « Porte Maillot » pour la ligne N° 1 et l'établissement à sa suite d'un souterrain de garage, amorce du prolongement de cette ligne jusqu'au Pont de Neuilly.

B. — *En banlieue*, trois nouveaux prolongements de lignes urbaines viennent d'être entrepris, au titre du programme de grands travaux contre le chômage (Plan Marquet) :

1° Le prolongement de la ligne N° 1, de la Porte Maillot au Pont de Neuilly, avec deux stations.

2° Le prolongement de la ligne N° 3, de la Porte de Champerret au Pont de Levallois (trois stations).

3° Le prolongement de la ligne N° 9, de la Porte de Montreuil à la Mairie de Montreuil (trois stations).

Parmi les lignes en projet, figure, en premier lieu, pour le réseau urbain, la ligne N° 5 *bis* dont la construction permettrait de reporter de la Gare du Nord à la Porte de Pantin le terminus actuel de la ligne N° 5. Cette ligne emprunterait le boulevard de la Chapelle et l'avenue Jean-Jaurès et desservirait cinq stations. D'autres lignes sont à l'étude.

Pour le réseau de banlieue, sur les quinze prolongements déclarés d'utilité publique par le décret du 24 Décembre 1929, trois sont ouverts à l'exploitation et trois autres en construction. Il en reste donc neuf à exécuter, savoir :

— le prolongement de la la ligne N° 13 *bis*, de la Porte de Clichy au Pont de Clichy ;

— le prolongement de la ligne N° 13, de la Porte de Saint-Ouen à la rue du Landy, à Saint-Ouen ;

— le prolongement de la ligne N° 12, de la Porte de la Chapelle au boulevard Carnot, à Saint-Denis ;

— le prolongement de la ligne N° 7 *bis*, de la Porte de la Villette au Cimetière de Pantin ;

— le prolongement de la ligne N° 5 *bis*, de la Porte de Pantin à l'église de Pantin ;

— le prolongement de la ligne N° 11, de la Porte des Lilas au fort de Noisy ;

— le prolongement de la ligne N° 8, de la Porte de Charenton à la Mairie de Charenton ;

— le prolongement de la ligne N° 7, de la Porte d'Ivry à la Mairie d'Ivry ;

— le prolongement de la ligne N° 4, de la Porte d'Orléans au carrefour de la Vache Noire, à Arcueil.

Outre ces prolongements, le Conseil Général a retenu le principe de la future ligne N° 10 « Porte d'Auteuil-Pont de Saint-Cloud ».