



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>

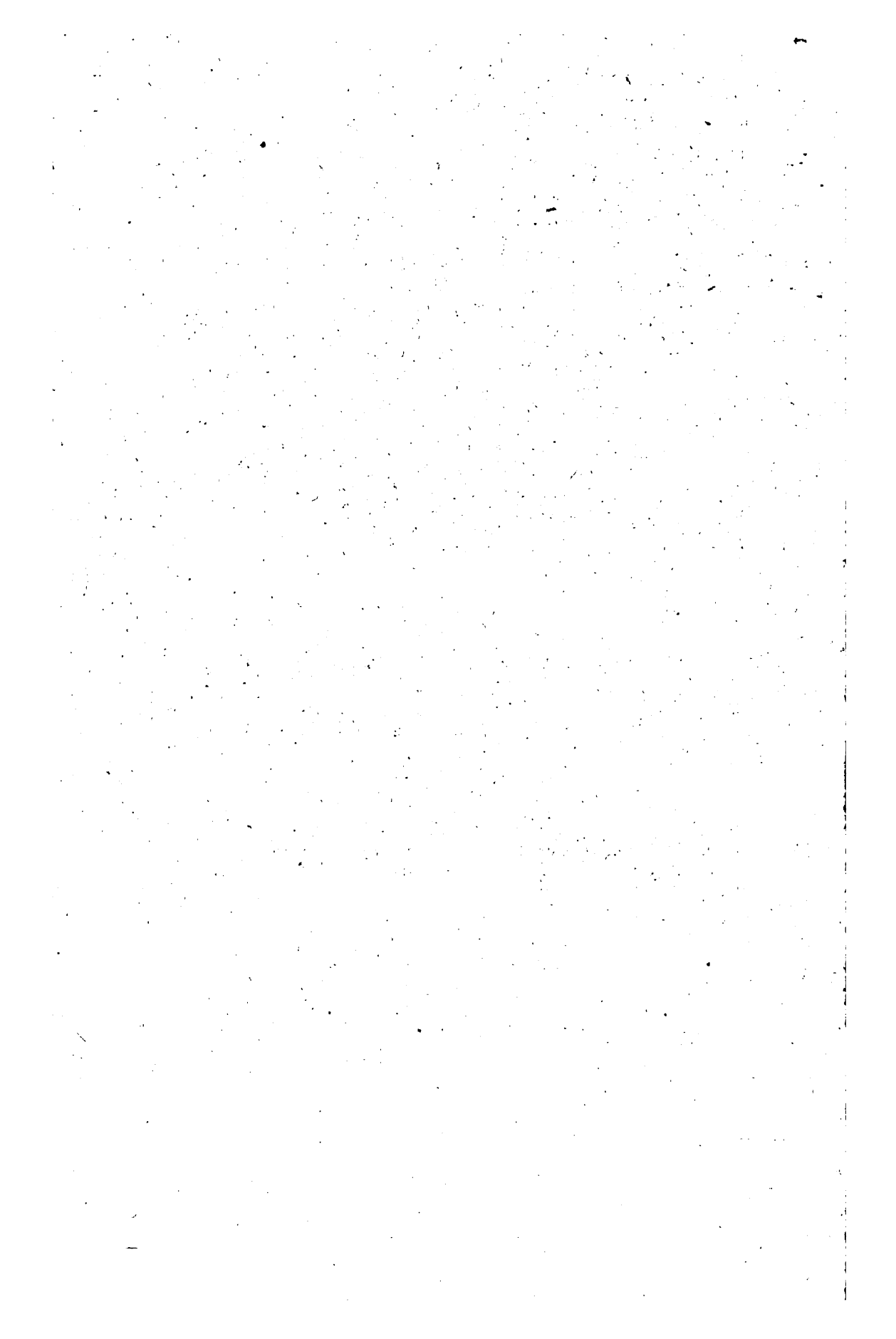
Library

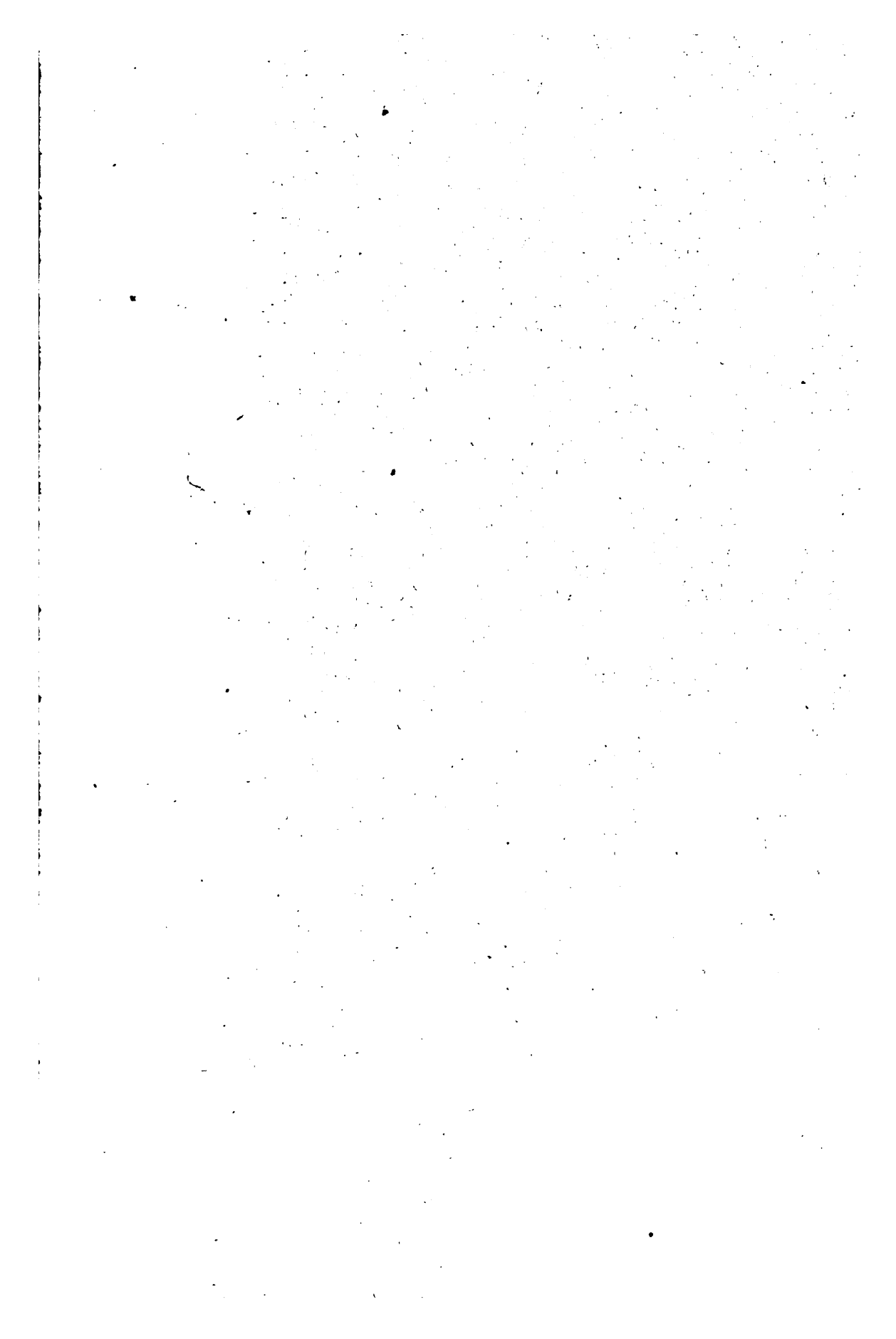
of the

University of Wisconsin

PURCHASED WITH THE
HILL RAILWAY LIBRARY FUND
A GIFT FROM
JAMES J. HILL
ST. PAUL

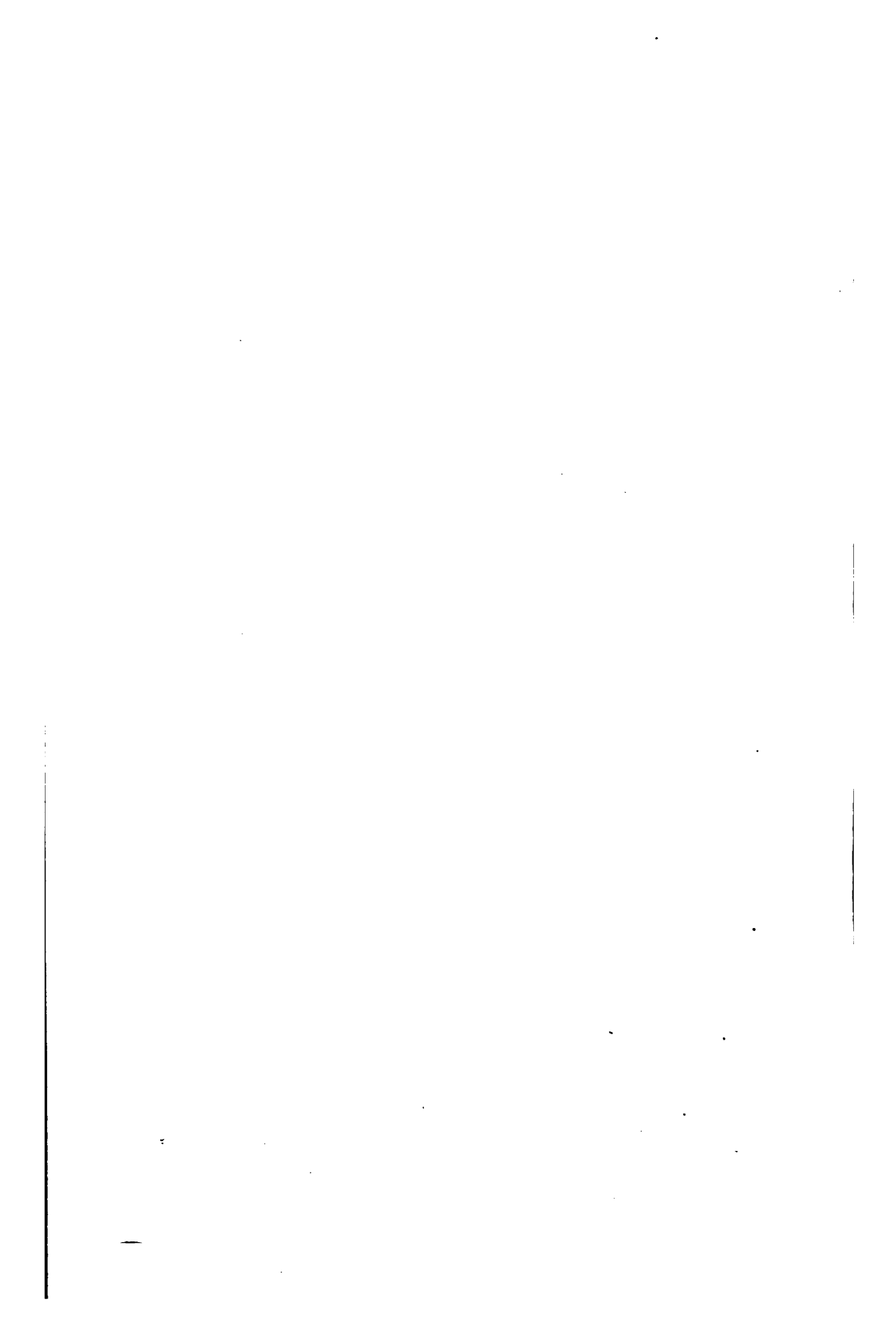












LE CHEMIN DE FER
MÉTROPOLITAIN MUNICIPAL
DE PARIS



LE CHEMIN DE FER
MÉTROPOLITAIN MUNICIPAL
DE PARIS

LIGNE CIRCULAIRE N° 2 (RIVE GAUCHE)
LIGNE N° 3 DU BOULEVARD DE COURCELLES A MÉNILMONTANT
RÉSULTATS DE L'EXPLOITATION

Publié avec l'approbation de M. le Préfet de la Seine

PAR

JULES HERVIEU

Conducteur principal des Ponts et Chaussées,
Chef des Bureaux du Service technique du Métropolitain.

PRÉCÉDÉ D'UNE PRÉFACE

PAR

F. BIENVENÛE

Inspecteur Général des Ponts et Chaussées,
Chef du Service technique du Métropolitain.

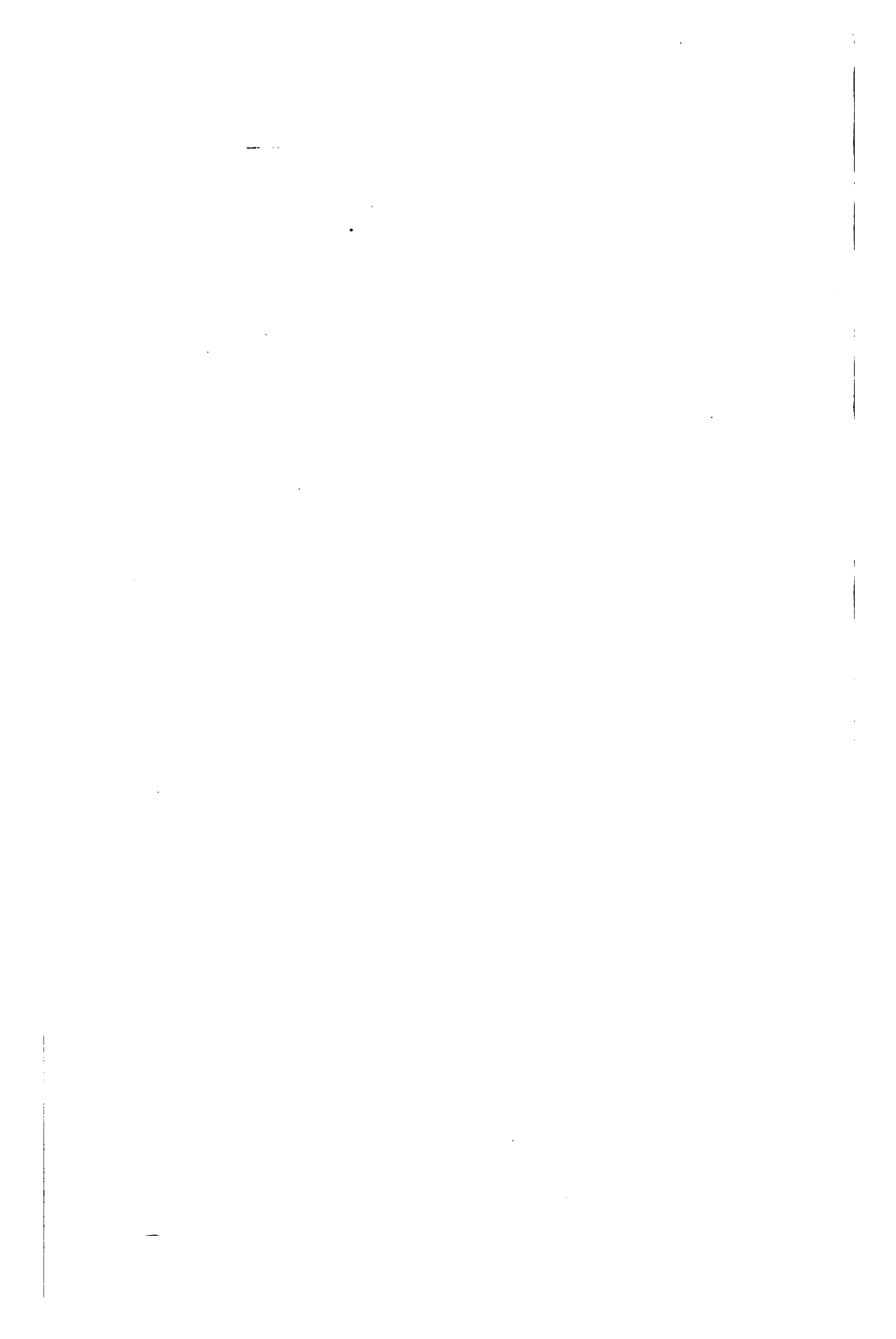
TOME II

PARIS

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE, CH. BÉRANGER, ÉDITEUR
SUCCESSEUR DE BAUDRY ET C^{ie}
PARIS, 15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15
LIÈGE, 21, RUE DE LA RÉGENCE

—
1908

Tous droits réservés.



142372

MAY 25 1910

ST 39

. P21

. C42

. H44

J

5508870

PRÉFACE

M. Jules Hervieu continue la tâche, qu'il avait abordée en 1903 par la publication de son premier livre, de faire connaître au grand public dans des *Commentaires* sobres, exacts et documentés, l'ensemble de l'œuvre du Métropolitain municipal de Paris.

Son nouvel ouvrage est consacré plus spécialement aux deux lignes que nous appelons ligne circulaire n° 2 Sud (de la place de l'Étoile au pont d'Austerlitz, par les anciens boulevards extérieurs de la rive gauche) et ligne n° 3 (du boulevard de Courcelles à Ménilmontant, par la place de l'Opéra et la place de la République). Avec celles qui forment la matière du précédent volume, elles complètent ce que l'on nommait en 1898 le premier réseau, c'est-à-dire l'ensemble des 42 kilomètres que la Ville de Paris s'était, dès cette époque, irrévocablement engagée à construire.

Ces deux lignes ont la bonne fortune d'échapper par quelques points à ce qui est le côté ingrat des travaux du Métropolitain, et qui tient à leur nature d'ouvrages souterrains : de semblables ouvrages ne peuvent être vraiment connus que de celui qui les a faits, car la trace de la difficulté vaincue, si grande que celle-ci ait pu être, y doit apparaître d'autant moins dans le travail fini que la difficulté aura été mieux surmontée dans le travail en exécution. Ici au contraire l'œuvre de l'Ingé-

nieur s'élève au grand jour dans certaines de ses parties ; et, pour ne citer qu'eux, les viaducs de Passy et d'Austerlitz, qui viennent, dans la remarquable série des ponts de Paris, mettre bien à leur place deux ouvrages d'un caractère puissant, ne cesseront pas de solliciter l'attention du curieux ou même d'éveiller l'intérêt de l'artiste. Obligé de contenir un vaste sujet dans d'étroites limites, M. Jules Hervieu n'a pu consacrer à ces grands ouvrages tous les développements dont le sujet serait digne et s'est contenté de les insérer modestement dans la nomenclature des ouvrages spéciaux : par là il fournit une mesure de l'importance de l'œuvre intégrale ; ce qu'il en dit suffit d'ailleurs à donner une juste idée des solutions si heureusement adoptées dans ces cas exceptionnels.

Aussi bien le livre de M. Hervieu n'est-il pas un mémoire didactique traitant de la construction des lignes métropolitaines : il est à la fois plus et mieux ; il apparaît, sans que l'auteur y ait certainement prétendu, comme une sorte d'encyclopédie du Métropolitain de Paris qui permettra au lecteur, d'après l'examen du passé, de se pénétrer d'un aperçu rationnel des développements à venir.

Aux 42 kilomètres du premier réseau, qui ont fourni la matière des deux volumes parus, 41 kilomètres s'ajoutent pour compléter à 83 kilomètres le programme de 1898 un peu étendu ; de ces 41 kilomètres, 10 ont déjà été livrés au service public ; tout le reste se trouve mis en construction. Mais ce n'est là que la conclusion d'une étape, et non le terme du progrès.

Dès 1901, le Conseil municipal de Paris voulait voir au delà du but que trois ans plus tôt il avait pu, en dépit des oppositions accumulées, concevoir l'ambition d'atteindre. Il traçait alors le plan d'ensemble d'un réseau complémentaire, destiné à combler les lacunes que des raisons diverses de prudence avaient dû faire accepter dans la première conception et dont

la présence ne pouvait résister à la révélation du succès du nouveau moyen de transport rapide ; pourtant, malgré ce succès, ou peut-être à cause de lui, le réseau complémentaire, sans avoir à subir les contradictions violentes qui si longtemps mirent en péril l'existence même de son prédécesseur, eut encore à endurer bien des vicissitudes. A peine né, le projet d'ensemble se voyait démembré au profit d'une concession particulière. Immédiatement après, par une action en sens inverse, son éclosion était arrêtée en raison des craintes qu'il inspirait pour le salut des vieux organes de transports en commun. Heureusement les idées justes ne meurent pas ; et en 1904, après un sommeil de deux ans, le réseau complémentaire était rappelé à la vie active. Sa formation fut encore contrariée de façon indirecte, bien que très réelle, par les difficultés auxquelles donnait lieu la rupture de l'homogénéité du réseau, résultat du démembrement effectué en 1901 ; mais de ces difficultés elles-mêmes, et de l'obligation de faire disparaître, au moins pour le public transitant, la diversité des tarifs, sortit enfin la solution : le Conseil municipal l'a donnée, sous une forme que l'on doit espérer définitive, en adoptant par délibération des 23-27 décembre 1907 l'extension de la concession du réseau métropolitain, dans les limites qu'une raison à la fois prudente et hardie commandait d'envisager.

Par cet acte, 39 kilomètres sont concédés, à titre ferme, à la Compagnie du Chemin de fer Métropolitain de Paris. Le réseau construit par la Ville, dont la longueur s'était accrue déjà, jusqu'à 88 kilomètres, de la concession isolée d'un embranchement qui n'est pas encore déclaré d'utilité publique, se trouve ainsi porté à 127 kilomètres. De plus, comme il importait de prévoir jusqu'aux éventualités et, en particulier, de fixer, une fois pour toutes, les autres demandeurs en concession sur les intentions du Conseil municipal, une der-

nière longueur de 16 kilomètres a été concédée à titre éventuel : sa réalisation, secret de l'avenir, porterait à 143 kilomètres le développement du réseau qui suffit à satisfaire, dans la mesure du raisonnable, à ce que réclame notre Paris actuel.

Ces lignes nouvelles, s'harmonisant avec les anciennes, formeront un système rationnel et complet, pour lequel Paris n'a rien à envier aux autres métropoles du monde. Si le système est complet, il n'est pas moins complexe : son équilibre résulte de la conciliation d'éléments divers qui souvent se heurtent dans une antinomie apparente ; et, pour la recherche de la solution du problème, on se trouve plus gêné par le trop grand nombre des conditions que par l'indétermination. C'est pourquoi, si là comme ailleurs le progrès reste la loi, faut-il que l'on se garde avec soin de la propension à s'attacher à des améliorations prétendues qui seront souvent, tout simplement, des imperfections objectives que la réflexion avait fait rejeter de la conception originelle.

Le jugement individuel aura le plus de chance d'éviter un semblable écueil s'il s'éclaire de la connaissance acquise en consultant un ouvrage tel que celui de M. Jules Hervieu. Bien que le champ à explorer reste encore largement ouvert, les résultats que l'auteur a pu exposer sont suffisants pour que chacun puisse y trouver abondance d'enseignements utiles ; et c'est pour leur plus grand profit que nous recommandons la lecture de son livre à tous les amis du Métropolitain municipal de Paris.

F. BIENVENÛE.

AVERTISSEMENT

Le présent livre forme la suite naturelle (2^e volume) de notre ouvrage sur le Chemin de fer Métropolitain municipal de Paris. Il est consacré, notamment, aux lignes n° 2 Sud (circulaire par les anciens boulevards extérieurs, rive gauche) et n° 3 (du boulevard de Courcelles à Ménilmontant), qui constituent respectivement la matière des chapitres IV et V.

Dans un Appendice sont exposés les résultats de l'exploitation des lignes ouvertes au public ; des tableaux numériques et des graphiques en facilitent l'examen et en font ressortir les caractéristiques.

En annexes sont reproduits in extenso divers documents officiels intervenus depuis la publication de notre premier volume (1903). La nomenclature en est donnée ci-après accompagnée de quelques brèves explications.

Annexe A. — Loi du 26 juin 1903, autorisant la Ville de Paris à contracter un emprunt de 170 000 000 francs, qui ajoutés aux 165 000 000 francs déjà autorisés par la loi du 4 avril 1898, portent à 335 millions le total des fonds actuellement consacrés à la construction du Métropolitain. En outre, par délibérations des 12 juillet 1906 et 23-27 décembre 1907, le Conseil municipal de Paris a décidé de poursuivre, devant, les pouvoirs publics, l'autorisation d'émettre deux nouveaux emprunts complémentaires :

DÉSIGNATION DES LIGNES	LONGUEURS DE BOUT EN BOUT	TOTAUX	OBSERVATIONS
A. — LIGNES DÉCLARÉES D'UTILITÉ PUBLIQUE (Lois des 30 mars 1898 — 2 avril 1902 — 6 avril 1903 — 26 février 1907.)			
<i>1° En exploitation.</i>			
Ligne n° 4, de la Porte de Vincennes à la Porte Maillot	40 576,31 m.		
— n° 2 Nord, de la Porte Dauphine à la Place de la Nation	12 413,93 —		
— n° 2 Sud, de la Place de l'Étoile au Pont d'Austerlitz	40 797,27 —		
— n° 3, du boulevard de Courcelles à Ménilmontant	7 906,09 —		
— n° 5, de la Gare du Nord au Pont d'Austerlitz	4 694,49 —		
— n° 4, partie comprise entre la Porte de Clignancourt et le Châtelet	5 540,06 —		
Total	51 928,15 m.	51 928,15 m.	
<i>2° En construction.</i>			
Ligne n° 4, partie comprise entre le Châtelet et la Porte d'Orléans	5 858,26 m.		
— n° 6, du Cours de Vincennes à la Place d'Italie	5 094,60 —		
— n° 7, de la rue des Petits-Champs à la Place du Danube	7 427,86 —		
— n° 8, d'Auteuil à l'Opéra, par Grenelle	8 488,68 —		
Prolongement de la ligne n° 3, sur la Porte de Champerret	4 916,00 —		
Embranchement de la ligne n° 7 sur la Porte de la Villette	2 737,00 —		
Total	29 275,33 m.	29 275,33 m.	
Total du § A	83 450,55 m.	83 450,55 m.	
B. — LIGNE CONCÉDÉE, NON DÉCLARÉE D'UTILITÉ PUBLIQUE			
Embranchement du Trocadéro à la Porte de Saint-Cloud	4 560,00 m.	4 560,00 m.	

C. — LIGNES COMPLÉMENTAIRES
(Délibération du Conseil municipal de Paris des 23-27 décembre 1907.)

1^o Concédiées à titre ferme.

Prolongement de la ligne n° 7 par les quais jusqu'au boulevard Morland . . .	3 740, 00 m.
— n° 3 jusqu'à la Porte des Lilas, avec raccordement sur la ligne n° 7 près de la Porte du Pré-Saint-Gervais.	2 220, 50 —
Voie ferrée de la Porte d'Orléans à la Porte de Gentilly	1 400, 00 —
Prolongement du Trocadéro jusqu'à l'Opéra, de la ligne de la Porte de Saint-Cloud au Trocadéro	3 995, 00 —
Embranchement de la Bastille à la Porte de Picpus	4 252, 00 —
Ceinture intérieure, des Invalides avec passage par la rue de Sévres.	10 273, 00 ¹ —
Ligne de la Porte de Choisy et de la Porte d'Italie au boulevard Saint-Germain avec raccordement sur la ligne n° 4 au carrefour de l'Odéon.	4 528, 00 —
Ligne de la Porte de Montreuil à la Place de la République.	4 655, 00 —
Ligne de la Place de la République à la Porte des Lilas	3 940, 00 —
Total.	39 003, 50 m.

¹ Non compris la partie commune avec la ligne n° 8 (long. 2 009 m.).

2^o Concédiées à titre éventuel.

Embranchement de la ligne 8 sur la Porte de Sévres	2 240, 00 m.
— de Saint-Augustin à la Porte des Ternes, avec prolongement éventuel à la Porte Maillot	3 700, 00 ² —
Partie centrale de la ligne de la Porte de Choisy et de la Porte d'Italie à la Place de la République	2 600, 00 —
Embranchement du boulevard de la Villette à la Porte de Pantin.	2 800, 00 —
Raccordement entre les lignes n° 8 et n° 4, du Pont Mirabeau à l'Église de Montrouge.	4 700, 00 —
Total.	16 040, 00 m.
Total général pour les lignes concédées à titre ferme	127 014, 05 m.

² Y compris la longueur de ce prolongement, soit 450 m.

1° L'un de 45 millions (délibération du 12 juillet 1906) destiné à permettre l'achèvement du premier réseau concédé ; cet emprunt a été autorisé par une loi du 10 avril 1908 (voir annexe H) ;

2° L'autre de 170 millions (délibération des 23-27 décembre 1907) destiné à pourvoir à la construction d'un groupe de lignes complémentaires (voir annexe G).

L'ensemble de ces divers emprunts, tant déjà émis que projetés, représente un total de 550 millions.

Annexes B et C. — Lois du 26 février 1907, déclarant d'utilité publique : 1° le prolongement de la ligne n° 3 sur la porte de Champerret ; 2° un embranchement de la ligne n° 7 sur la porte de La Villette, par le faubourg Saint-Martin et la rue de Flandre. A ces lois sont annexées les conventions portant concession desdits prolongement et embranchement à la Compagnie du Chemin de fer Métropolitain de Paris, aux conditions des convention et cahier des charges annexés à la loi du 30 mars 1898, et conformément aux prescriptions de ladite loi.

Annexes D, E et F. — Ces annexes donnent la teneur de trois conventions intervenues, entre la Ville de Paris et la Compagnie du Chemin de fer Métropolitain, sur des questions ayant donné lieu, entre la Ville et la Compagnie, à des divergences d'interprétation. La simple lecture de ces textes permet d'en saisir le sens et la portée ; ils sont relatifs :

1° A l'établissement de communications de quai à quai dans les stations d'échange (annexe D) ;

2° A l'établissement d'ascenseurs dans les stations profondes (annexe E) ;

3° Aux usines productrices d'électricité (annexe F).

Annexe G. — Délibération des 23-27 décembre 1907 par laquelle le Conseil municipal a décidé :

1° La concession, à la Compagnie du Chemin de fer Métropolitain, d'un groupe de lignes complémentaires énumérées dans l'article 1^{er} du projet de convention y annexé ;

2° De poursuivre, comme il a été dit plus haut, l'émission d'un emprunt de 170 000 000 francs applicable à la construction des lignes en question non encore dotées.

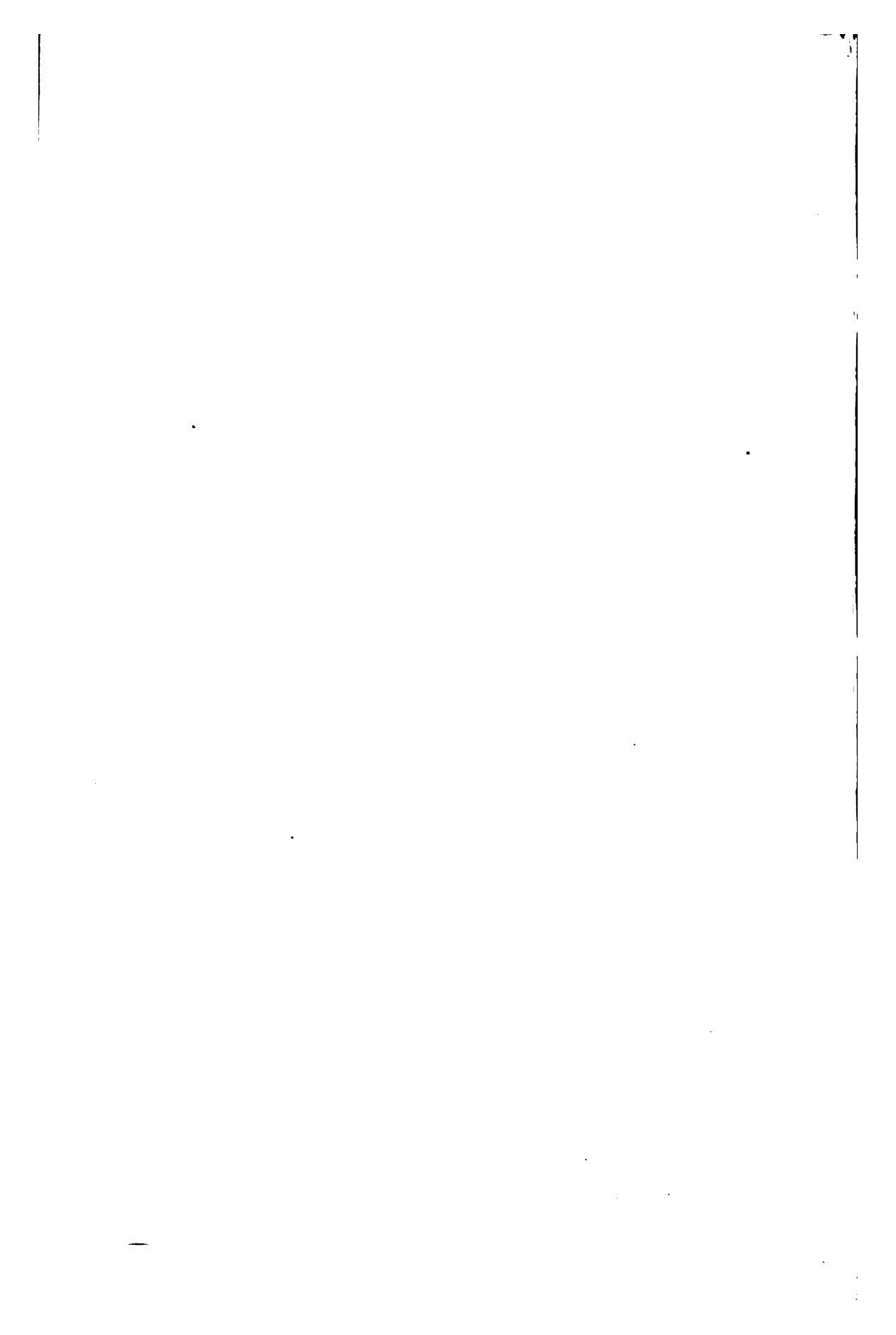
Pour permettre de se faire une idée suffisamment précise de l'importance du réseau métropolitain, y compris les lignes complémentaires envisagées par la délibération des 23-27 décembre 1907, nous donnons ci-avant les longueurs¹ des divers éléments qui le composent et dont la planche n°1 montre le plan d'ensemble à la date du 30 avril 1908.

Enfin il convient de signaler ici que les combinaisons d'exploitation des lignes n° 2 Sud, 5 et 6, telles qu'elles ont été exposées dans notre premier volume (Chap. I, § V), ont subi une modification dont les motifs et les conséquences sont expliqués dans le présent livre (Chap. IV, § XIV). Les lignes n° 2 Sud et 5, soudées rail à rail à la place Mazas, sont réunies, au point de vue de l'exploitation, en une seule ligne allant de la place de l'Etoile à la gare du Nord, sans transbordement, en passant par Grenelle et les places d'Italie et de la Bastille. La ligne n° 6, ainsi séparée de la ligne n° 2 Sud à la place d'Italie, sera exploitée isolément.

J. H.

Avril 1908.

¹ Les chiffres indiqués sont ceux des longueurs de lignes mesurées de bout en bout (ou de butoir à butoir).



LE

CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN

MUNICIPAL DE PARIS

CHAPITRE IV

LIGNE CIRCULAIRE PAR LES ANCIENS BOULEVARDS EXTÉRIEURS (RIVE GAUCHE)

I. — DONNÉES GÉNÉRALES

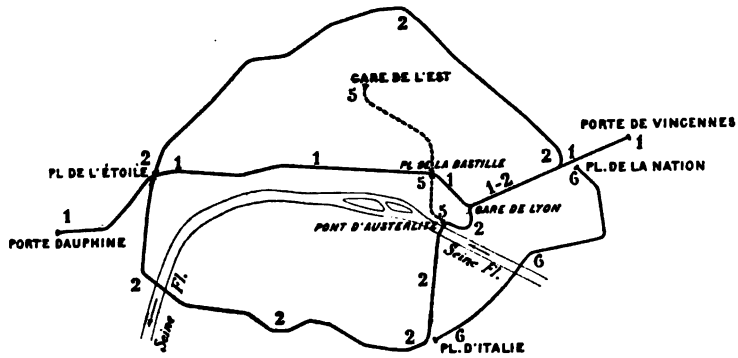
Exposé. — La ligne métropolitaine n° 2, circulaire par les anciens boulevards extérieurs, forme la section B définie par la convention annexée à la loi du 30 mars 1898, déclarative d'utilité publique du chemin de fer métropolitain de Paris. Elle se décompose en deux parties : l'une sur la rive droite, qui va de la porte Dauphine à la Nation ; l'autre, sur la rive gauche va de la place de l'Étoile, par la place d'Italie, au pont d'Austerlitz où elle se soude à la ligne n° 5.

D'après les plans primitifs, la ligne circulaire de la rive gauche, dite Circulaire-Sud, devait, prolongeant le tronçon « Étoile-Trocadéro » ouvert à l'exploitation en 1900, et après avoir traversé la Seine à Passy, se continuer par les anciens boulevards extérieurs jusqu'à la place d'Italie seulement et, de là, se rabattre par le boulevard de l'Hôpital sur la gare de Lyon où la ligne n° 2 fût venue se souder à la ligne n° 1 sous le boulevard Diderot (fig. 1). Une délibération du Conseil municipal, en date du 14 juin 1904, avait introduit des changements considérables dans l'économie de ces tracés¹. A la place d'Italie la ligne n° 2 devait être directement

¹ Voir tome I, ch. I, § 5^c.

2 LE CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN MUNICIPAL DE PARIS

prolongée par la ligne n° 6, dite du cours de Vincennes à la place d'Italie constituant ainsi le trajet semi-circulaire, par le côté Sud de Paris, de la place de l'Étoile à la place de la Nation. Le reste de la ligne n° 2, c'est-à-dire la partie à établir sous le



— Gracie fait par loi du 30 mars 1898.

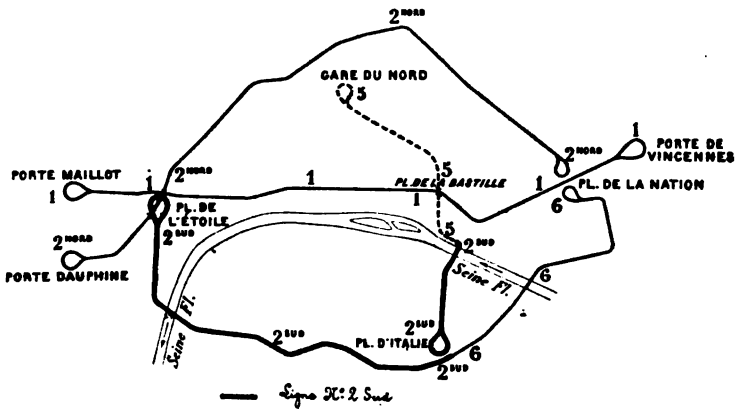


Fig. 1 et 2. — Ligne circulaire par les anciens boulevards extérieurs (rive gauche).

boulevard de l'Hôpital, était, par une opération analogue, directement soudée au pont d'Austerlitz avec la ligne n° 5, dite du boulevard de Strasbourg au pont d'Austerlitz; et ce deuxième groupement réalisait une transversale Nord-Sud du boulevard de Strasbourg à la place d'Italie, passant par la place de la Bastille (fig. 2).

Ces dispositions ont été à nouveau modifiées; nous donnons à

ce sujet des explications complètes à l'occasion de la boucle de la place d'Italie (ouvrages spéciaux).

II. — CONSISTANCE DE LA LIGNE

1° Tracé du plan. — La partie de la ligne n° 2 Sud ici décrite forme le prolongement du tronçon mis en exploitation en 1900 sous l'avenue Kléber. Elle en sort par la rue Franklin, s'engage dans la rue Alboni et traverse la Seine à l'emplacement de l'ancienne passerelle de Passy.

Sur la rive gauche, le tracé se développe le long des anciens boulevards extérieurs : boulevards de Grenelle, Garibaldi, Pasteur, de Vaugirard, Edgar-Quinet, Raspail, Saint-Jacques et d'Italie¹. Sous le carrefour de ce boulevard et de la rue Abel-Hovelacque se trouve l'origine du souterrain qui, contournant au Sud la place d'Italie, forme l'amorce de la ligne n° 6.

Sous la place d'Italie se développe une boucle dont les deux branches se réunissent à l'entrée du boulevard de l'Hôpital.

Ensuite, la ligne, située d'abord sous l'axe de la chaussée, s'infléchit vers la droite et vient se placer sous la contre-allée qui longe le mur d'enclos de la Salpêtrière, passe derrière la première file des arbres du vaste terre-plein situé devant l'entrée des cours de l'établissement. Se rabattant ensuite sur la droite, le tracé quitte le boulevard de l'Hôpital au point précis où commence, en bordure de la voie publique, le domaine du chemin de fer d'Orléans, coupe perpendiculairement les bâtiments de la gare d'Austerlitz, franchit la Seine à 190 mètres en amont du pont d'Austerlitz, s'infléchit à gauche et, se rangeant entre le quai de la Rapée et le fleuve, se termine à l'entrée du pont ci-dessus, point de soudure avec la ligne n° 5.

Entre le Trocadéro et le pont d'Austerlitz, la ligne touche ou traverse 13 quartiers dont le nombre d'habitants est indiqué ci-après, d'après le recensement de 1906 :

¹ Par arrêté préfectoral du 17 janvier 1905 le boulevard d'Italie a été dénommé boulevard Auguste-Blanqui.

4 LE CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN MUNICIPAL DE PARIS

1. La Muette	34 778 habitants.
2. Grenelle	47 014 —
3. Necker	53 633 —
4. Montparnasse	31 671 —
5. Plaisance	70 262 —
6. Petit-Montrouge	36 062 —
7. La Santé	12 141 —
8. Croulebarbe	18 648 —
9. Maison-Blanche	42 440 —
10. Salpêtrière	24 442 —
11. La Gare	47 603 —
12. Jardin-des-Plantes	29 372 —
13. Quinze-Vingts	47 673 —
Total	495 739 habitants.

D'autre part, le tronçon Étoile-Trocadéro dessert déjà les quartiers suivants :

1. Les Ternes	47 389 habitants.
2. Faubourg-du-Roule	24 658 —
3. Chaillot	35 867 —
4. Champs-Élysées	14 370 —
5. Porte Dauphine	27 411 —
Total	149 695 habitants.

L'ensemble de la ligne, de la place de l'Étoile au pont d'Austerlitz, dessert donc 18 quartiers représentant une population totale de 645 434 habitants.

Par correspondance avec les lignes n° 1 et n° 2 Nord, à la place de l'Étoile, elle met en communication rapide les quartiers de la rive gauche avec le centre de Paris et avec les quartiers périphériques de la rive droite. Par la mise ultérieure en exploitation des lignes n° 4, 5 et 6, ces communications se trouveront singulièrement simplifiées et facilitées¹.

La longueur de la ligne est de 10 797,27 m. savoir : de la place de l'Étoile à la place du Trocadéro, 1 602,70 m. ; de la place du Trocadéro au pont d'Austerlitz, 9 194,57 m.

Pris dans son ensemble, le tracé répond aux conditions fixées par l'article 5 du cahier des charges². La boucle de la place

¹ La ligne n° 5 a été ouverte au public, en totalité, le 15 novembre 1907. La partie de la ligne n° 4, comprise entre la porte de Clignancourt et le Châtelet, a été ouverte à l'exploitation du 21 avril 1908.

² Tome I, annexe C.

d'Italie, les souterrains à voie unique qui la précèdent, enfin un garage établi en cours de ligne, boulevard Edgar-Quinet, comportent des courbes de rayon inférieur à 75 mètres, minimum fixé par le cahier des charges ; mais les conditions où devait s'y faire la circulation des trains enlevait tout inconvénient à ces augmentations de courbure et rien ne s'opposait à ce que l'on recourût, pour ces points exceptionnels, à la faculté stipulée en vue de ce cas par l'article précité, § 3, du cahier des charges.

Le tableau n° 1 donne la récapitulation des courbes de même rayon, l'importance de leur développement et la proportion dans laquelle elles figurent dans le tracé général.

TABLEAU N° 1.

RAYONS	VOIE DOUBLE		VOIE UNIQUE		LONGUEUR proportionnelle.
	Nombre.	Longueur totale.	Nombre.	Longueur totale.	
40 mètres . . .	»	»	4	62,40	0,003
50 — . . .	»	»	4	83,66	0,004
60 — . . .	5	387,90	1	10,70	0,041
75 — . . .	4	332,56	»	»	0,035
80 — . . .	1	55,05	»	»	0,006
85 — . . .	1	67,66	»	»	0,007
90 — . . .	»	»	1	84,83	0,004
100 — . . .	5	317,39	2	24,58	0,034
150 — . . .	2	126,36	»	»	0,013
200 — . . .	3	119,78	»	»	0,012
250 — . . .	3	275,10	»	»	0,029
300 — . . .	1	38,82	»	»	0,004
500 — . . .	1	59,84	»	»	0,006
1 000 — . . .	2	35,80	»	»	0,004
2 000 — . . .	1	15,72	»	»	0,002
10 000 — . . .	1	30,74	»	»	0,003
Total { des courbes . . . des alignem ^{ts} . . .	30	1 862,72	12	266,17	»
	33	7 482,56	16	290,37	0,793
Ensemble . . .	»	9 345,28	»	556,54	1,000

La figure 3 donne le plan d'ensemble de la ligne.

Lorsque le réseau concédé sera construit, la ligne n° 2 Sud se trouvera en contact immédiat avec :

1° Les lignes n° 1 et n° 2 Nord, à la place de l'Étoile.

2° La ligne n° 4 à laquelle elle est juxtaposée, sur quelques centaines de mètres de longueur, sous le boulevard Raspail, entre le boulevard Edgar-Quinet et la place Denfert-Rochereau (fig. 3) ; une station double, dite « Boulevard Raspail », de type analogue à celle de la place de l'Étoile, permettra l'échange des voyageurs de quai à quai.

3° La ligne n° 6, à la place d'Italie.

Elle croisera, en outre, à la traversée de l'avenue de La Motte-Picquet, la ligne n° 8, d'Auteuil à l'Opéra par Grenelle.

D'autre part, la ligne de la gare du Nord au pont d'Austerlitz (ligne n° 5) qui, pour l'exploitation, prolonge la ligne n° 2 Sud se trouve en relation avec diverses lignes du réseau ; elle croise :

1° la ligne n° 1, à la place de la Bastille ;

2° la ligne n° 3, à la place de la République ;

et se trouve en contact à la gare de l'Est avec les lignes n° 4 et n° 7 (du Palais-Royal à la place du Danube) ; un deuxième contact avec la ligne n° 4 a lieu à la gare du Nord.

2° Profil en long. — Les dispositions générales du profil en long résultent des conditions que présente le relief du sol sur le tracé suivi.

En souterrain à l'origine, le chemin de fer sort au jour sur le flanc du coteau de Passy, vers le milieu de la rue Alboni ; il traverse à l'air libre le quai de Passy, les deux bras de la Seine, séparés sur ce point par l'île des Cygnes, et tous les quartiers bas du 15^e arrondissement ; il rentre en souterrain dans la partie déclinive du boulevard Pasteur, après la rue de Vaugirard, et reparait au jour après la rue du Faubourg-Saint-Jacques, pour franchir la dépression très prononcée au fond de laquelle coule la Bièvre ; il pénètre, à la rue Corvisart, sous la butte dont la place d'Italie occupe le sommet.

Partant de la place d'Italie, la ligne longe souterrainement le boulevard de l'Hôpital pour reparaitre à la surface au droit du carrefour du boulevard Saint-Marcel, et se relève pour franchir, par-dessus et successivement, le chemin de fer d'Orléans et la Seine ; après la traversée du fleuve, la ligne s'enfonce de nouveau sous le terre-plein qui forme, à côté de la place Mazas, une sorte

• 8 LE CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN MUNICIPAL DE PARIS

de prolongement surélevé du bas-port de la Rapée, où elle se termine par une jonction rail à rail avec la ligne n° 5.

Comme le montre le profil représenté par la planche 2 l'existence des parties aériennes est commandée par les conditions topographiques, en dehors de toute considération intrinsèque. Elles correspondent respectivement : la première, de 2 568,35 m. de longueur, et la troisième, de 893,27 m de longueur, à la vallée de la Seine ; la deuxième, sur 991,67 m. à la vallée de la Bièvre. Les points de passage du souterrain au viaduc, et inversement, ont été déterminés de façon à réduire au strict minimum la gêne apportée à la circulation de la voie publique.

En aucun point, la déclivité ne dépasse le maximum de 0,04 fixé par l'article 5 du cahier des charges de la concession. Le tableau n° 2 donne la récapitulation des diverses pentes et rampes de même déclivité et leur importance relative.

TABLEAU N° 2.

DÉCLIVITÉ	VOIE DOUBLE		VOIE UNIQUE		LONGUEUR proportionnelle.
	Nombre.	Longueur totale.	Nombre.	Longueur totale.	
Paliers	23	5 634,50	4	556,54	0,614
0,000 à 0,001	»	»	»	»	»
0,001 à 0,004	1	265,00	»	»	0,028
0,005 à 0,009	2	412,26	»	»	0,043
0,010 à 0,014	3	827,76	»	»	0,086
0,015 à 0,019	3	445,02	»	»	0,046
0,020 à 0,024	5	738,73	»	»	0,077
0,025 à 0,029	3	539,42	»	»	0,056
0,030 à 0,034	»	»	»	»	»
0,035 à 0,040	3	482,59	»	»	0,050
Totaux	»	9 345,23	»	556,54	1,000

Au sortir de la rue Alboni, à Passy, la ligne franchit successivement la Seine, puis le chemin de fer de l'Ouest (ligne des Moulineaux) au quai de Grenelle (pl. 2) ; à la traversée de l'avenue de La Motte-Picquet, elle croise le tracé futur du souterrain de la ligne n° 8 ; à l'origine du boulevard Edgar-Quinet, elle passe, en tranchée couverte, sous le pont du chemin de fer de l'Ouest de la rive gauche. A l'extrémité du boulevard Raspail et sous la place

Denfert-Rochereau, elle passe coup sur coup sous la ligne n° 4, puis sous le chemin de fer de Sceaux et Limours. Enfin, vers l'extrémité du deuxième tronçon elle passe, au travers des bâtiments de la gare d'Austerlitz, au-dessus des voies du chemin de fer d'Orléans, puis franchit pour la seconde fois la Seine en amont du pont d'Austerlitz.

Quelques-uns de ces croisements ou traversées ont donné lieu à l'établissement d'ouvrages particuliers ou à des procédés d'exécution spéciaux qui seront décrits plus loin en détail.

3° Nombre, emplacements et distances des stations. — Les stations de la ligne n° 2 Sud à partir du Trocadéro, sont au nombre de 19; elles sont dénommées : Quai de Passy, Quai de Grenelle, Rue Dupleix, Avenue de La Motte-Picquet, Place Cambronne, Rue de Sèvres (primitivement « Avenue de Suffren »), Boulevard Pasteur (primitivement « Rue de Vaugirard »), Gare Montparnasse¹, Boulevard Edgar-Quinet, Boulevard Raspail, Place Denfert-Rochereau, Place Saint-Jacques, Rue de la Glacière, Rue Corvisart, Place d'Italie, Rue de Campo-Formio, Boulevard Saint-Marcel, Gare d'Orléans. La station Place d'Italie est ici comptée pour deux; elle comporte, en effet, deux gares distinctes : l'une appartenant à la circulaire continuée par la ligne n° 5; l'autre, comprise dans le tronçon rattaché à la ligne n° 6; les échanges de voyageurs d'une ligne à l'autre se feront entre ces deux stations.

L'examen du profil en long de la ligne montre les emplacements de ces stations qui ont tiré leur nom précisément de leur situation à proximité des voies traversées ou suivies.

Sept d'entre elles sont en viaduc : Quai de Grenelle, Rue Dupleix, Avenue de La Motte-Picquet, Place Cambronne, Avenue de Suffren, Rue de la Glacière, Gare d'Orléans. Trois autres se trouvent presque à fleur de sol, formant transition d'une section souterraine à une section aérienne : Quai de Passy, Place Saint-Jacques, Rue Corvisart; toutefois, ces deux dernières sont entièrement à ciel ouvert, tandis que la première est en partie à ciel ouvert, en partie souterraine.

¹ Un arrêté préfectoral du 30 août 1903 a décidé d'attribuer à cette station le nom de « Place du Maine », mais seulement à dater de l'ouverture au public de la station de la ligne n° 4 qui sera établie place de Rennes (en cours de construction au moment où ces lignes sont écrites).

Les neuf autres sont souterraines et voûtées ; on a pu, sur cette ligne, éviter de recourir au type de station dite à plancher métallique, que le défaut de hauteur disponible a rendu nécessaire sur divers points des lignes n° 4 et circulaire Nord.

Le tableau n° 3 donne la liste des stations, en considérant isolément : 1° le tronçon Étoile-Trocadéro, rattaché à la première fraction ; 2° le tronçon Trocadéro-Pont d'Austerlitz.

TABLEAU N° 3.

STATIONS	NATURE de la ligne.	DISTANCES entre stations.	OBSERVATIONS
<i>I. — Tronçon Étoile-Trocadéro.</i>			
Place de l'Étoile	Souterrain.	488,90	Station voûtée.
Avenue Kléber		469,80	—
Rue Boissière		468,90	—
Place du Trocadéro		—	—
De la station ci-dessus à la fin du tronçon		175,10	»
<i>II. — Tronçon Trocadéro-Pont d'Austerlitz.</i>			
De l'origine du tronçon à la station « Quai de Passy »	Souterrain.	561,32	Partie souterraine. partie à ciel ouvert.
Quai de Grenelle	Viaduc.	485,235	Station en viaduc.
Rue Duplex		507,06	—
Avenue de La Motte-Picquet		434,27	—
Place Cambronne		323,13	—
Rue de Sèvres	Souterrain.	525,45	—
Boulevard Pasteur		483,675	Station voûtée.
Gare Montparnasse		627,04	—
Boulevard Edgar Quinet		461,04	—
Boulevard Raspail	Viaduc.	495,20	—
Place Denfert-Rochereau		412,91	—
Place Saint-Jacques		423,84	Station à fleur de sol (type spécial).
Rue de la Glacière		506,645	Station en viaduc.
Rue Corvisart	Souterrain.	535,565	Station à fleur de sol (type spécial).
Place d'Italie		410,49	Station voûtée.
Rue de Campo-Formio		544,16	—
Boulevard Saint-Marcel		371,46	—
Gare d'Orléans	Viaduc.	639,84	Type spécial (tra- versée de la gare d'Austerlitz).
De la Gare d'Orléans à la fin.	Viaduc.	423,24	
		10 797,27	

Il ressort de ces chiffres que l'espacement moyen des stations est de 494 mètres. Rappelons, à titre de comparaison, que l'intervalle moyen entre stations est de 625 mètres pour la ligne n° 1, « Porte de Vincennes-Porte Maillot », et de 511 mètres pour la ligne circulaire Nord, « Porte Dauphine-Place de la Nation ».

4° Types des ouvrages. — On a vu que la ligne comporte des ouvrages en souterrain et en viaduc.

Les ouvrages souterrains, formés habituellement de voûtes en maçonnerie et exceptionnellement de planchers métalliques reposant sur piédroits verticaux, sont conformes aux types déjà étudiés et appliqués sur les lignes précédemment décrites. Il en est même des viaducs, formés en général de poutres métalliques droites à treillis en N, à semelle inférieure rectiligne et à semelle supérieure parabolique.

L'implantation des viaducs a été faite de manière à respecter rigoureusement toutes les voies de communication transversales existantes. A ce point de vue, l'ouverture des travées était commandée en certains points par les conditions locales ; là où une semblable sujétion n'existait pas, c'est une ouverture de 22 mètres qui satisfaisait le mieux aux données de la construction. Sur la ligne circulaire Nord, où les mêmes considérations s'imposaient naturellement, on a pu appliquer usuellement les trois ouvertures de 22,50 m. 27,06 m. et 19,50 m. Elles ont pu satisfaire encore à presque tous les cas pour la ligne n° 2 Sud où sur 121 travées que comporte la partie aérienne (exception faite des deux ponts sur la Seine et de la partie comprise dans les bâtiments de la gare d'Austerlitz), il y en a 56 de 22,50 m. 22 de 27,06 m. et 11 de 19,50 m. ; parmi les autres travées il faut signaler celles établies aux points suivants :

Traversée du quai de Grenelle . . .	1	travée de 53,34 m.
Carrefour de l'avenue de La Motte-Picquet.	1	— 47,955 —
Place Cambronne.	1	— 47,955 —
Carrefour de la rue de la Santé. . .	1	— 41,73 —
Traversée de la Bièvre.	1	— 41,73 —

Enfin le chemin de fer franchit le hall de la gare d'Austerlitz

TABLEAU

SECTIONS d'ingénieur.	NATURE de la ligne.	LOTS	EMPLACEMENTS DES LOTS
Section Ouest .	Souterrain . . .	1	De l'origine (place du Trocadéro : (1 602,20 km.) au point d'appui, côté Ouest (2 204,63 km.) de la travée suivant la station « Quai de Passy ».
4 ^e section . . .	Grand viaduc (Pont - rails et Pont - route) . Traversée de Seine.	2	Traversée de la Seine. De l'extrémité de la station « Quai de Passy », au point d'appui Ouest de la travée précédant la station « Quai de Grenelle ».
—	Viaduc courant.	3	Du point précédent à l'appui Ouest (3 496,38 km.) de la travée suivant la station « Rue Duplex ».
—	—	4	Du point (3 496,38 km.) au point d'appui Ouest de la travée suivant la station « Place Cambronne » (3 951,80).
—	—	5	Du point (3 951,80 km.) au point de passage près de la rue de Vaugirard (4 721,34 km.).
Section Ouest .	Souterrain . . .	6	Du point (4 721,34 km.) à l'extrémité de la station « Boulevard Edgar-Quinet » (6 051,50 km.).
—	—	7	Du point (6 051,50 km.) au point de passage près de la rue Dareau (7 451,80 km.).
Section Est . .	Viaduc courant.	8	Du point (7 451,80 km.) à l'appui Est de la dernière travée du viaduc, près de la rue Corvisart (8 348,00 km.).
—	Souterrain . . .	9	Du point (8 348,00 km.) à la fin du tronçon « Trocadéro-Place d'Italie »; et de l'origine du tronçon « Place d'Italie-Pont d'Austerlitz » (9 000 km.), au point de passage près du boulevard Saint-Marcel (1 138,00 km.).
—	Viaduc courant.	10	Du point (1 138,00 km.) à l'appui Nord de la travée placée au-dessus du quai d'Austerlitz.
—	Grand viaduc (traversée de la Seine et abords)	11	Traversée de la Seine. De l'appui Nord de la travée du quai d'Austerlitz jusqu'au pont d'Austerlitz sur la rive droite.

a. Terrassements et maçonneries.

b. Partie métallique.

a. Terrassements et maçonneries.

b. Grand viaduc (partie métallique).

c. Travées aux abords (partie métallique).

N° 4.

LONGUEUR des lots.	MONTANT des lots (avant rabais).	RABAIS p. 100.	ENTREPRENEURS adjudicataires.	DATES des adjudications.
m.	fr.	fr.	MM.	
602,43	1 090 371,90	25,70	Aubrun, 13, rue du Colonel-Oudot.	22 mars 1902.
381,91	3 099 167,60	19,10	Gonchon et Juste, 14, avenue Victor-Hugo.	21 mars 1903.
	2 084 452,00	14,00	Daydé et Pillé, 29, rue de Châteaudun.	Soumission (après concours) approuvée le 14 janvier 1903.
610,17	2 365 811,00	23,70		
755,42	2 940 969,90	25,30	Société française de Con- structions mécaniques, 21, rue de Londres.	22 mars 1902.
769,54	2 656 571,50	24,90		
1 330,16	2 592 000,00	24,60	Coulange et Sentou, 20, avenue Mac-Mahon.	—
1 400,30	2 969 408,10	27,30	Bénière, 28, rue de Ponthieu.	—
866,20	2 913 702,90	25,20	Baudet, Donon et C ^{ie} , 141, rue de Saussure.	—
1 789,00	4 073 361,50	30,70	Weber, 4, rue de Lyon.	—
577,48	2 052 815,00	28,40	Société des ateliers Moi- sant, Laurent, Savey et C ^{ie} , 20, boulevard de Vaugirard.	21 mars 1903.
316,52	1 484 236,35	23,30	Legrand Charles, 53, avenue de Saxe.	12 septembre 1903.
	424 848,95	1,00	Société de Constructions de Levallois-Perret.	Soumission (après con- cours) approuvée le 18 juillet 1903.
	247 043,00	1,00	Dayde et Pillé, 29, rue de Châteaudun.	

par une travée de 52,55 m. ; et, sur la rive droite, le pont sur la Seine est immédiatement suivi de deux travées hélicoïdales d'un développement total de 70,30 m. ; ces divers ouvrages sont étudiés plus loin en détail.

Les abords de la traversée du chemin de fer d'Orléans comportent un tracé tourmenté, avec de nombreuses sujétions d'implantation d'où est résulté beaucoup de diversité dans la répartition des travées dont la plus considérable, celle du hall central de la gare d'Austerlitz, atteint comme il est dit ci-dessus une portée de plus de 50 mètres.

Les supports du viaduc sont constitués par des colonnes en fonte partout où ce système a paru compatible avec la stabilité des ouvrages. Les piliers en maçonnerie, auxquels il a fallu recourir sur certains points, notamment pour les stations, sont du type de ceux adoptés pour la ligne circulaire Nord¹, mais avec section horizontale aussi réduite que possible.

La voie est ballastée sur les viaducs, bien que le ballast représente un assez gros surcroît de charge morte (3 tonnes par mètre linéaire) et entraîne, par conséquent, une augmentation sensible de dépenses : c'est qu'il constitue le moyen le plus sûr d'éviter le bruit et d'atténuer les vibrations.

Tous les ouvrages métalliques ont été calculés conformément aux prescriptions du Règlement du 29 août 1891 ; le travail du métal, dans les diverses parties, reste toujours en dessous des limites fixées par ce Règlement.

Les ouvrages de type spécial, assez nombreux sur la ligne n° 2 Sud, sont décrits plus loin en détail, en même temps que sont exposés les procédés employés pour leur construction.

5° Adjudication des travaux. — *Division en lots d'entreprise.* — La mise en train des travaux de construction de la ligne nouvelle s'est effectuée en plusieurs fois, selon le degré d'avancement des formalités préliminaires propres aux diverses parties de la ligne.

Dès le 22 mars 1902, on adjugeait toute la partie s'étendant de la place du Trocadéro jusqu'au droit de l'hôpital de la Salpêtrière

¹ Tome I, pl. XVII.

(en face du boulevard Saint-Marcel), à l'exception du pont traversant la Seine à Passy. — Un an après avait lieu l'adjudication de la partie comprise entre le boulevard Saint-Marcel et l'origine du deuxième pont franchissant la Seine en amont du pont d'Austerlitz.

Pour chacun des deux ponts, l'entreprise fut scindée en deux parties, l'une comprenant les terrassements et maçonneries de fondations, l'autre la partie métallique proprement dite. Pour cette dernière, la Ville de Paris institua des concours auxquels prirent part les maisons admises préalablement par la Commission d'admissibilité aux adjudications de la Ville, concours à la suite desquels furent adoptés les projets présentés : 1° pour le pont de Passy, par la maison Daydé et Pillé ; 2° pour le pont d'Austerlitz, par la Société de Constructions de Lavallois-Perret, pour la traversée même du fleuve ; par la maison Daydé et Pillé pour les travées de jonction à établir, sur la rive droite, entre le pont proprement dit et l'ouvrage de passage de la place Mazas, point de soudure des lignes n° 2 Sud et 3. Simultanément, étaient mis en adjudication les travaux de fondations et maçonneries des deux ouvrages ; ils échurent : pour le pont de Passy, à MM. Gonchon et Juste, pour le pont d'Austerlitz, à M. Charles Legrand.

Pour l'exécution, la ligne a été divisée en trois sections d'ingénieur comprenant plusieurs subdivisions à la tête de chacune desquelles était placé un conducteur et qui correspondaient à autant de lots d'entreprise.

Le tableau n° 4 résume les indications qui précèdent et donne, en outre, les longueurs de chaque lot, les résultats des adjudications, etc.

6° Montant des dépenses prévues. — L'estimation générale des dépenses prévues pour la ligne n° 2 Sud peut être établie comme suit, d'après les données du projet.

a. *Travaux du chemin de fer.* — Du tableau n° 4, il ressort que les prévisions de dépenses de construction de la ligne proprement dite, à l'exclusion des travaux de superstructure à exécuter par la Compagnie concessionnaire, s'élevaient, pour les travaux mis en

16 LE CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN MUNICIPAL DE PARIS

adjudication ou soumissionnés après concours, à la somme de
(avant application des rabais consentis) 31 993 759,70 fr.

A quoi il y a lieu d'ajouter :

1° Travaux non adjugés, à exécuter par les entrepreneurs
d'entretien (réfection de la voie publique, transplantation
d'arbres, etc.) :

1 ^{er} lot	79 628,10 fr.	}	650 803,20 fr.
2 ^o — (maçonneries)	33 000,00 —		
3 ^o —	64 189,00 —		
4 ^o —	69 030,10 —		
5 ^o —	63 428,50 —		
6 ^o —	48 000,00 —		
7 ^o —	70 591,90 —		
8 ^o —	66 297,10 —		
9 ^o —	86 638,50 —		
10 ^o —	40 000,00 —		
11 ^o — (maçonneries)	30 000,00 —		

2° Travaux imprévus, frais de surveillance, etc. 4 155 979,30 —

3° Travaux à exécuter par les soins de la Compagnie du
Chemin de fer d'Orléans à l'intérieur des bâtiments de
la gare d'Austerlitz 300 000,00 —

4° Frais de personnel de direction et de conduite des
travaux (pour une durée présumée de deux ans et demi) 800 000,00 —

Ensemble 37 900 542,20 fr.

b. *Travaux préliminaires.* — La construction de la ligne
n° 2 Sud a exigé, comme les lignes précédentes, l'exécution de
travaux préliminaires, de modifications d'égouts et de conduites
d'eau. En outre, le tracé, traversant en partie la zone des anciennes
carrières souterraines de la rive gauche, il a fallu procéder préala-
blement à la consolidation du sous-sol afin d'assurer l'assiette du
chemin de fer.

Les dépenses prévues de ces divers chefs se chiffraient comme
suit :

1° Déviations d'égouts	995 300,00 fr.
2° — de conduites d'eau	1 160 500,00 —
3° Consolidations d'anciennes carrières	1 610 000,00 —
Ensemble	3 765 800,00 fr.

c. *Dépense totale.* — La dépense totale prévue atteignait donc le chiffre de 41 666 342,20 fr. savoir :

Travaux du chemin de fer (infrastructure)	37 900 542,20 fr.
Travaux préliminaires	3 765 800,00 —
Total	41 666 342,20 fr.

Le prix de revient kilométrique des travaux d'infrastructure proprement dits ressort ainsi, pour une longueur développée de ligne de 9 829,55 m. à $\frac{37\,900\,542,20 \text{ fr.}}{9\,829,55 \text{ k m.}} = 3\,855\,776 \text{ fr.}$

Ce chiffre est notablement plus élevé que celui des lignes n° 1 (2 303 455 fr.) et n° 2 Nord (2 598 000 fr.) ; cette circonstance s'explique naturellement par la présence, dans la ligne n° 2 Sud, des ouvrages spéciaux d'une importance exceptionnelle formant les lots n° 2 (traversée de la Seine à Passy), n° 10 (traversée de la gare d'Austerlitz) et n° 11 (traversée de la Seine en amont du pont d'Austerlitz). En appliquant le calcul ci-dessus aux autres lots formant ce qu'on pourrait nommer la ligne normale, on obtiendrait, pour une dépense de 26 600 818 francs et une longueur développée de 8 554,37 m. un prix de revient kilométrique de 3 109 617 francs. Ce prix est encore supérieur à celui de la ligne circulaire Nord qui comporte également une certaine longueur de viaduc. On sait que le prix du mètre courant de viaduc s'élève à 3 450 francs environ, alors que celui du souterrain n'est que de 1 220 francs environ ; on conçoit donc que le prix moyen kilométrique d'une ligne puisse varier sensiblement d'après la proportion de viaduc qu'elle comporte. Or, sur la ligne n° 2 Sud, pour les lots n° 1, 3, 5, 6, 7, 8 et 9, qui représentent une longueur de 8 554,37 m. on trouve une longueur de viaduc de 3 178,41 m., soit $\frac{2}{5}$ environ ; cette proportion, pour la ligne n° 2 Nord, n'est que de $\frac{1}{3}$ à peine, la longueur de la ligne étant de 11 879,80 m. et celle du viaduc y compris de 2 072,36 m. Cette circonstance explique naturellement la différence relatée ci-dessus dans les prix respectifs de revient de ces lignes.

III. — TRAVAUX PRÉLIMINAIRES

Ainsi que pour les deux premières lignes, la construction du chemin de fer proprement dit a été précédée du déplacement des

ouvrages publics rencontrés par le tracé, notamment des égouts et conduites d'eau. Nous ne donnerons que quelques indications sommaires sur ces travaux qui, bien que relativement importants, ne comportent, pour la ligne n° 2 Sud, aucune particularité digne d'être signalée.

Mais, d'un autre côté, la nouvelle ligne s'étend en partie dans la zone des anciennes carrières exploitées; des travaux de consolidation du sous-sol ont dû, par suite, être préalablement exécutés. Ce genre de travail est beaucoup moins connu que les précédents et nous donnerons, à son sujet, des explications plus détaillées; pour la clarté de ces dernières, nous en ferons précéder l'exposé de quelques données touchant la constitution du sous-sol parisien et les exploitations auxquelles il a donné et donne encore lieu.

L'exécution des travaux de consolidation du sol, pour la ligne n° 2 Sud, ont fait l'objet d'un rapport très documenté adressé à l'Administration municipale par MM. Wickersheimer, ingénieur en chef des Mines, inspecteur général des carrières de la Seine, et Weiss, ingénieur des Mines; c'est dans ce rapport qu'ont été puisés, avec la bienveillante autorisation de ses auteurs, les renseignements exposés plus loin sur ce sujet.

1° Consolidations d'anciennes carrières. — a. *Constitution du sous-sol du bassin de Paris.* — Le territoire de Paris est entièrement formé de terrain de transport (diluvium et limons) au-dessous duquel on rencontre les terrains de la période tertiaire reposant sur la craie blanche qui, sous forme d'une puissante assise de plus de 400 mètres constitue, à Paris, le couronnement des terrains secondaires.

Cette craie est exploitée, pour la fabrication du blanc d'Espagne, à Issy et à Meudon où elle forme la base des coteaux de ce nom et le sol d'une partie des communes de Boulogne, de Billancourt et d'Issy. Dans Paris même, elle n'affleure qu'au Sud-Ouest du Point-du-Jour et de Grenelle.

Au-dessus et dans l'ordre de formation, on trouve successivement :

1° L'argile plastique ;

2° Les sables glauconifères, ou sables inférieurs, dits aussi sables du Soissonnais ;

- 3° Le calcaire grossier ;
- 4° Les caillasses ;
- 5° Les sables de Beauchamp ;
- 6° Le calcaire ou travertin de Saint-Ouen ;
- 7° Le gypse et le calcaire de Champigny ;
- 8° Les marnes supérieures au gypse ;
- 9° Le calcaire (meulière et travertin) de la Brie ;
- 10° Les marnes à huitres ;
- 11° Les sables et grès de Fontainebleau (sables supérieurs) ;
- 12° Le calcaire de Beauce.

A l'intérieur de Paris, on ne trouve la série complète de ces terrains que dans les coteaux élevés de Montmartre et de Belleville ; ailleurs, elle s'abaisse à différents niveaux, jusqu'au calcaire grossier et même à l'argile plastique.

Celles de ces roches utilisables ont été le siège d'exploitations industrielles, notamment l'argile, le calcaire grossier et le gypse. Ces exploitations s'effectuaient à ciel ouvert ou en souterrain ; mais ces dernières ont été interdites, en 1813, à l'intérieur de Paris et, en 1860, dans la zone annexée des anciennes communes suburbaines. Les premières, n'offrant pas les mêmes inconvénients, n'ont pas été frappées de la même interdiction, mais seulement réglementées ; elles tendent, d'ailleurs, à disparaître naturellement au fur et à mesure de l'extension de la zone agglomérée.

b. *Modes d'exploitation des carrières. — Fontis.* — Ce sont les conditions mêmes du gisement qui décident entre les deux modes d'exploitation : 1° à ciel ouvert ; 2° en souterrain. Dans ce dernier cas, on distingue encore les carrières par puits et par cavages à bouches, selon que les moyens d'accès consistent en puits creusés verticalement jusqu'au gîte, ou en galeries débouchant à flanc d'escarpement.

Deux procédés d'exploitation peuvent être appliqués dans les carrières souterraines selon qu'on se propose d'enlever tout ou seulement partie de la masse utile.

Dans ce dernier cas, la partie de masse non enlevée reste en place pour supporter le ciel de carrière et le terrain qui le surmonte. Les galeries, forées parallèlement l'une à l'autre, laissent



Fig. 4. — Fontis avec son cône d'éboulement.

pratique ensuite des recoupes transversales sensiblement perpendiculaires aux premières galeries. Il ne subsiste plus, de la sorte,

que de véritables piliers à base rectangulaire ou carrée. Ce procédé est dit « à piliers tournés ».



Fig. 5. — Fontis plein.

Dans l'autre méthode, dite « par hagues et bourrages », les

déchets de l'exploitation sont rassemblés en arrière du front de taille et forment des remblais (bourrages) qui s'élèvent jusqu'au ciel de carrière et le supportent. Des galeries de circulation sont nécessairement ménagées dans ces remblais ; les parois en sont formées de murs en pierres sèches nommés « hagues » qui soutiennent les bourrages et contribuent aussi à porter le ciel de carrière. De place en place sont disposés des « piliers à bras », formés de grosses pierres superposées qui concourent à assurer la stabilité du sol exploité.

Dans une ancienne exploitation à piliers tournés, si le ciel de carrière est formé de bancs solides et en bon état ; si, d'autre part, les piliers ont résisté à l'action de l'air, l'ensemble peut se maintenir en équilibre presque indéfini. Nous disons presque, car la pierre à découvert, même en souterrain, tend toujours à se dégrader ; la ruine de la carrière n'est donc, à vrai dire, qu'une question de temps et survient même rapidement lorsque le ciel est en mauvais état ou que les piliers ont été réduits à des dimensions insuffisantes. L'effondrement du ciel entraîne naturellement celui du terrain qui le recouvre et la formation, à la surface, d'excavations plus ou moins importantes auxquelles on a donné le nom de « fontis ». Quand le sol de recouvrement présente quelque cohésion, il se maintient de lui-même après la chute du ciel de carrière, formant alors au-dessus de ce dernier effondré un vide en forme de cloche (fig. 4) dont les parois se désagrègent peu à peu et dont le sommet s'élève ainsi vers la surface jusqu'au moment où la cohésion des terres ne suffisant plus à les maintenir au-dessus du vide, elles s'effondrent à leur tour. On conçoit combien est dangereuse la présence ignorée de cloches de ce genre dans un sol au-dessus duquel peuvent être établis des bâtiments ou des voies publiques.

Ce grave inconvénient est fort atténué dans les anciennes exploitations par hagues et bourrages où le tassement affecte toute la masse à la fois et se produit graduellement ; dans ces conditions, les fontis qui peuvent se produire n'atteignent qu'un développement très restreint et se trouvent même souvent presque comblés par suite du foisonnement des terres éboulées (fig. 5).

Le sous-sol parisien ayant été le siège d'exploitations impor-

tantes s'étendant sous une grande partie de la capitale actuelle, on comprend quel intérêt présente la connaissance exacte de leur étendue et de leur état. Cette recherche constitue une œuvre extrêmement laborieuse que poursuit méthodiquement le Service de l'Inspection des Carrières. Les anciennes carrières de Paris sont plusieurs fois séculaires et ont été exploitées sans aucune espèce de réglementation ; leurs galeries de service ont été masquées ou rendues impraticables par des éboulements, l'ensemble a subi des mouvements qui ont créé, en bien des points, un équilibre instable ; c'est dans ce milieu bouleversé et inconnu que doit être poursuivie la recherche des vides existants, travail non sans danger qui doit être effectué avec la plus grande prudence et immédiatement accompagné de la consolidation des parties explorées.

Les travaux de ce genre exécutés sous le tracé du chemin de fer métropolitain ont apporté à l'œuvre du Service des Carrières leur contingent de renseignements nouveaux et l'emploi de perfectionnements dans les procédés de consolidation du sous-sol miné.

c. Consolidations de la ligne n° 2 Sud. — La ligne n° 2 Sud traverse la zone des anciennes carrières sur le tiers environ de son étendue.

Sous la rue Franklin, elle se trouve au niveau des bancs du calcaire grossier où elle pénètre de nouveau, au boulevard Pasteur, après avoir franchi la Seine et traversé la plaine de Grenelle en viaduc ; elle y reste jusqu'à sa sortie du sol, à la place Saint-Jacques, pour franchir en viaduc la dépression que forme la vallée d'érosion de la Bièvre, puis retrouve les anciennes carrières au boulevard d'Italie où elle redevient souterraine jusqu'au boulevard Saint-Marcel ; à ce point, elle devient de nouveau aérienne et quitte définitivement les régions exploitées (fig. 1, pl. III).

A l'exception du passage de la vallée de la Bièvre, la partie de la ligne s'étendant de la rue de Vaugirard au boulevard Saint-Marcel, soit une longueur de plus de 5 kilomètres, se trouve donc au-dessus des anciennes carrières. Celles-ci ont été exploitées, tantôt sur un, tantôt sur deux étages, à des profondeurs variant de 8 à 23 mètres au-dessous de la surface du sol.

24 LE CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN MUNICIPAL DE PARIS

Voici, à titre d'indication sur la nature des terrains traversés, le résultat d'un puits de sondage percé boulevard Edgar-Quinet, près de la rue Delambre.

COUCHES géologiques.	NATURE DU TERRAIN	ÉPAISSEURS (en mètres).	
Diluvium. . . . Sables et grès de Beauchamp. . .	Sable rouge.	1,95	
	Sable jaune argileux.	2,00	
	Couches alternées de marnes et caillasses.	3,00	
	Caillasse saccharoïde cristallisée	0,40	
	Couches alternées de marnes et caillasses.	1,30	
	Caillasse saccharoïde cristallisée	0,40	
	Couches alternées de marnes et caillasses.	2,00	
	Banc de caillasse.	0,15	
	Couches alternées de marnes et caillasses.	0,80	
	Caillasse grise.	0,45	
	Marnes et cail- lasses du cal- caire grossier.	Marne grise.	0,20
		Caillasse grise.	0,35
		Marne grise.	0,40
		Marnes et caillasses alternées.	1,00
		Caillasse grise brisée.	0,20
		Marne blanche	0,15
		Caillasse saccharoïde cristallisée	0,35
		Marnes et caillasses alternées.	1,75
Caillasse grise.		0,05	
Marne blanche		0,20	
Caillasse grise.		0,05	
Marne grise.		0,40	
Marnes et caillasses alternées.		0,90	
Caillasse saccharoïde cristallisée		0,35	
Marnes et caillasses		0,15	
Caillasse grise brisée		0,30	
Marne blanche		0,45	
Calcaire grossier supérieur. . . .		Sablon rouge	0,10
	Caillasse brisée	0,20	
	Caillasse saccharoïde cristallisée	0,20	
	Banc calcaire dit « Rochette ».	0,30	
Calcaire grossier moyen.	Caillasse brisée	0,30	
	Sablon rouge	0,10	
	Banc calcaire dit « Roche » (ciel ordinaire de la carrière supérieure)	0,60	
	Bourrages de carrière	1,65	
	Sol de carrière supérieure.		23,15
	Banc calcaire dit « Souchet ».	0,80	
	Banc calcaire un peu argileux (banc vert)	0,40	
	Bancs de calcaire tendre (lambourde), ciel ordinaire de la carrière inférieure.	1,50	
	Hauteur de galerie de carrière inférieure	1,60	
	Sol de carrière inférieure		27,45

La construction du tunnel métropolitain a donc dû être précédée de travaux de consolidations importants nécessaires pour assurer l'assiette de l'ouvrage. L'importance de ces travaux et le court délai dont disposait le Service des Carrières, chargé de leur exécution, a conduit les ingénieurs de ce service à appliquer un système différent de celui employé, en 1898-1899, pour consolider le sol sous l'embranchement « Étoile-Trocadéro » construit en même temps que la première fraction métropolitaine mais qui, comme on l'a vu, forme en réalité l'origine de la ligne n° 2 Sud ; à titre de comparaison, nous donnerons, en quelques lignes, un aperçu de la méthode suivie dans cette dernière opération.

Sous l'avenue Kléber, le sol des carrières se trouve situé à une profondeur variant de 16 à 18 mètres ; la hauteur des vides d'exploitation atteint une moyenne de 1,75 m. On a employé ici un système de consolidation appliqué précédemment pour le chemin de fer de Sceaux.

Dans les parties où le ciel de carrière était en bon état, on a percé, à l'aplomb des piédroits du souterrain métropolitain, deux galeries parallèles limitées latéralement par deux murs en maçonnerie de meulière de 0,80 m. de largeur ; puis, sous l'axe du chemin de fer, on a construit des piliers de 1 mètre sur 2 mètres laissant entre eux des intervalles de 5 mètres en moyenne (fig. 2 et 3, pl. III). Les ouvrages en maçonnerie ainsi exécutés supportent le ciel de carrière et s'opposent à tout affaissement du sol sous la ligne.

Des fontis rencontrés de place en place ont été contournés et entourés d'un anneau en maçonnerie s'opposant à leur extension ultérieure. Au passage de ces fontis, on a percé de 5 mètres en 5 mètres sous les piédroits et dans l'axe de la ligne, trois files de puits circulaires de 1,20 m. de diamètre qui ont été comblés en béton, puis recouverts d'une plate-forme en béton supportant les piédroits et le radier du souterrain.

Pour la partie de la ligne située sur la rive gauche, l'exécution des deux galeries aurait, en raison de leur longueur, exigé trop de temps ou la multiplication excessive des points d'attaque ; il était à craindre, d'autre part, qu'en menant parallèlement deux galeries aussi voisines, on découpât trop le ciel de carrière, ce

galerie de recherche devant, autant que possible, suivre l'axe du souterrain, mais pouvant sans inconvénient s'en écarter et même contourner les fontis, piliers ou autres obstacles rencontrés.

Cette galerie permet, en multipliant les points d'attaque, d'établir rapidement sous les piédroits du souterrain, des piliers en nombre suffisant pour en assurer la parfaite stabilité. Partant de ce principe, les ingénieurs étudièrent une série de types de consolidation appropriés aux divers ouvrages du métropolitain (souterrain courant, stations, etc.). Laissant de côté les diverses modifications de détail qui furent reconnues nécessaires en exécution, nous décrirons les types nouveaux ainsi adoptés, qui se rapportent à deux cas principaux.

Dans le premier cas, le ciel de carrière était en bon état ; la consolidation a pu alors se faire très simplement au moyen de piliers maçonnés soutenant le ciel de carrière à l'aplomb des ouvrages du chemin de fer. Une galerie de recherche a été percée, comme il est dit ci-dessus, en suivant sensiblement l'axe de la ligne ; cette galerie, étayée à l'aide de cadres en charpente, présentait une largeur de 4,30 m. permettant l'établissement d'une voie Decauville pour l'enlèvement des déblais par wagonnets. Les fontis ou les anciens puits d'extraction rencontrés étaient contournés et entourés d'une ceinture en maçonnerie prévenant tout mouvement ultérieur. Partant de cette galerie, et au moyen d'attaques latérales, on établit, après repérage exact du tracé, des piliers à section rectangulaire de 4,20 m. sur 1,20 m., distants de 4 mètres environ d'axe en axe, reliés par des murettes qui forment les parois de la galerie centrale ; cette dernière étant conservée pour permettre de procéder aisément en tout temps à des visites d'inspection. Les piliers ont été exécutés en maçonnerie de meulière hourdée au mortier de chaux hydraulique dosé à 350 kilogrammes par mètre cube de sable ; ils font saillie de 0,50 m. environ sur l'emprise extérieure du souterrain ; le banc calcaire de 0,60 m., désigné sous le nom de « roche », que supportent les piliers, présente une résistance suffisante pour que les points d'appui que forment les piliers assurent la stabilité de tout le terrain supérieur.

Les figures 4 et 5 (pl. III) montrent le type des dispositions qui viennent d'être décrites.

Dans le type normal pour le souterrain courant, le rapport entre la section totale des piliers de consolidation et la surface occupée par l'ouvrage du métropolitain, a été fixé à 30 p. 100 environ. Cette proportion, basée sur les calculs faits par M. Keller, ancien inspecteur général des carrières, pour la consolidation des réservoirs de la Vanne, à Montrouge, a été adoptée pour tenir compte, en dehors du poids du souterrain métropolitain, de celui des trains et de l'influence que peuvent exercer les vibrations dues à leur roulement sur la cohésion des bancs naturels superposés à l'ancienne carrière.

En outre, partout où les fouilles montraient que le ciel de carrière n'était pas en parfait état de conservation, les piliers ont été réunis, à l'aplomb des piédroits du métropolitain, par des murs de 1 mètre d'épaisseur, de façon à s'opposer à toute dislocation du sol.

Sur les points où les carrières avaient été exploitées en deux étages, on a exécuté les mêmes travaux confortatifs dans les deux étages, les maçonneries étant exactement superposées. On a seulement donné aux piliers de l'étage inférieur une section horizontale un peu plus grande que celle des piliers supérieurs, et cela afin de parer aux légères erreurs d'implantation fort difficiles à éviter dans ces sortes de travaux.

Les dispositions qui viennent d'être exposées ont été également appliquées, sauf les variantes imposées par le changement de type de l'ouvrage du métropolitain, aux consolidations des stations de ce dernier.

Deux galeries parallèles ont été percées ici sous toute la longueur de la station; placées à une distance de 12 mètres l'une de l'autre, elles sont reliées à la galerie unique du souterrain courant par des galeries transversales à angle droit creusées sous les murs pignons de la station.

De part et d'autre de chacune de ces galeries, soutenues par des murettes de 0,50 m. d'épaisseur, on a tracé, de 4 mètres en 4 mètres, des séries de piliers de 1,20 m. de largeur sur 3,50 m. de longueur vers l'extérieur et 3 mètres vers l'intérieur. Une

autre série de piliers carrés a encore été établie sous l'axe de la station ; ils présentent une section de 1,20 m. de côté et sont distants de 4 mètres d'axe en axe. Sur les points où le ciel de carrière était fissuré, les piliers extérieurs ont été réunis par un mur de 1 mètre d'épaisseur. Enfin, là où on a trouvé deux étages de carrière superposés, on a également suivi le système appliqué en pareil cas, comme il est dit ci-dessus, pour la consolidation du souterrain courant.

Les figures 6 et 7 (pl. III) donnent l'ensemble de ces dispositions.

Les explications qui précèdent et les figures qui les complètent se rapportent, comme il a été dit, au principe même du système adopté par les ingénieurs du Services des Carrières. Il va de soi qu'en exécution, les types ainsi fixés ont dû maintes fois être plus ou moins modifiés en raison des circonstances locales ; on a vu, d'ailleurs, qu'ils se prêtaient admirablement à ces variantes.

C'est ainsi qu'il a fallu tantôt dévier la galerie principale pour contourner un obstacle (fontis, masses laissées en place, etc.), tantôt allonger ou raccourcir les piliers, tantôt faire disparaître le banc séparant deux étages de carrière quand son état pouvait faire craindre sa dislocation ultérieure, tantôt enfin voûter les galeries dans les parties fissurées pour éviter tout éboulement, etc.

A titre d'exemple d'adaptation entre le type prévu et les variantes parfois réalisées, nous donnons (fig. 1, pl. IV) le plan des consolidations exécutées sous la boucle de la place d'Italie où l'on a trouvé l'étage supérieur intact, l'étage inférieur seul ayant été exploité sur ce point.

Il reste à examiner les dispositions prises lorsqu'on a rencontré soit des ciels de carrières effondrés, soit des fontis.

Les dislocations de terrains ont été rencontrées en de nombreux points du tracé de la ligne et ont nécessité des procédés de consolidations appropriés aux circonstances. Lorsqu'on trouvait des bancs effondrés, on se bornait, si l'étendue de l'effondrement ne dépassait pas une surface d'une dizaine de mètres carrés, à l'entourer d'un simple anneau de maçonnerie ayant, en général, une épaisseur de 1 mètre ; quelques fers noyés dans le béton des pié-

droits du souterrain, et formant une sorte de pont, suffisaient alors à franchir l'obstacle. On procédait à peu près de même dans le cas de rencontre d'un ancien puits d'exploitation.

Mais, lorsque l'effondrement présentait une importance plus considérable, on fonçait un ou plusieurs puits de 1,20 m. de diamètre qu'on remplissait de béton et qu'on reliait ensuite par des arcs en maçonnerie soutenant les piédroits du souterrain, parfois même une partie du radier.

Lorsque l'affaissement présentait une superficie trop grande pour pouvoir être entouré comme il vient d'être dit, on renforçait les piédroits du souterrain lui-même en les appuyant par des contreforts en maçonnerie soutenus eux-mêmes par des piliers de béton reposant sur le sol ferme; on s'opposait ainsi, en même temps, aux poussées latérales qu'aurait pu exercer contre un terrain inconsistant la voûte elliptique aplatie du souterrain. Cette façon de procéder a été employée, notamment, au débouché du boulevard Raspail sur la place Denfert-Rochereau, où l'on a rencontré un effondrement général du sol.

Enfin, s'il s'agissait d'une station, les puits soutenant les culées recevaient une section de 2 mètres sur 2 mètres; deux lignes de puits de 1,20 m. de diamètre, reliés soit par des voûtes, soit par des dalles en ciment armé, étaient établies sous le radier. En cas de besoin, on renforçait encore les culées de la station par des contreforts reposant sur des piliers de béton, comme il a été expliqué pour le souterrain courant.

Les dispositions correspondant aux différents cas qui viennent d'être examinés sont représentées par les figures 8 à 16 (pl. III), savoir :

Consolidation du souterrain courant sur fontis entourés (fig. 8 à 10);

Consolidation et renforcement du souterrain courant traversant un fontis (fig. 11 à 13);

Consolidation et renforcement d'une station sur fontis (fig. 14 à 16).

Les fontis que l'on rencontre ne sont pas toujours, comme ceux dont il a été question jusqu'ici, comblés ou à peu près par les terres éboulées; ils sont parfois au contraire presque vides, les

terres effondrées s'étant écoulées par des crevasses environnantes du sol ou ayant été délayées puis entraînées par des eaux d'infiltration ; dans ce cas, si le fontis est peu élevé, on peut le combler par-dessous au moyen d'une maçonnerie grossière ; autrement, on le soutient par des parois et des voûtes maçonnées. Ces façons de procéder sont plus économiques qu'un remplissage en terres suivi du percement de puits à remplir en béton, mais elles sont aussi d'une exécution extrêmement délicate et même parfois fort dangereuse.

Nous croyons intéressant de donner quelques indications plus détaillées sur un travail de ce genre exécuté pour la consolidation d'une cloche très importante rencontrée sous le boulevard de Vaugirard, au cours des travaux de recherche entrepris par le Service des Carrières.

« Cette cloche, située sous le terminus de la ligne de tramways de la gare du Nord au boulevard de Vaugirard, aurait pu occasionner, en venant à jour, un très grave accident ; elle était partiellement remplie de terres de déblais. Pour bien la reconnaître et ne pas arrêter le percement de la galerie principale, il fut décidé de traverser le cône de déblais par une galerie bien boisée ; mais, au moment où la traversée allait être achevée, un éboulement se produisit pendant la nuit, amenant la rupture du coffrage, bien qu'il fût exécuté en bois de chêne de 0,20 m. d'équarrissage et en madriers de sapin $\frac{22}{8}$. Le déblaiement de la cloche fut aussitôt entrepris ; plus de 500 mètres cubes de terres durent être enlevés aux décharges et alors seulement nous pûmes nous rendre compte de la gravité du fontis. L'excavation accusait une section de 70 mètres carrés à la base et présentait plus de 10 mètres de hauteur. Il importait tout d'abord de soutenir les parois qui menaçaient ruine. Des échasses en sapin de 0,15 m. de diamètre assemblées, de 4,50 m. de longueur chacune, furent descendues et dressées au nombre de quinze, scellées en pied, puis reliées sur quatre lignes par des madriers butant aux parois de la cloche. Ce même travail fut renouvelé dans un sens presque perpendiculaire et, sur cet ensemble, fut établi un plancher en madriers à 2 mètres de hauteur. Un passage ouvert fut réservé au centre, et un deuxième plancher, distant de 1,80 m. du premier, fut construit dans le même genre ; cinq planchers super-

posés furent ainsi exécutés, assurant un étaielement succinct, mais suffisant, de la cloche et donnant une parfaite quiétude aux ouvriers circulant constamment en carrière. »

Les photographies que reproduisent les figures 6 et 7 ci-dessus montrent deux phases successives du travail et donnent une idée très nette de l'importance de cette cloche.

« Le sommet de la cloche fut lui-même maintenu par un chevalement composé de cadres en chêne et madriers.

« Ce premier travail, mené avec dextérité, au milieu d'éboulements continuels, a nécessité l'emploi de 180 mètres de longueur d'échasses et plus de 2 kilomètres de madriers.

« La sécurité des ouvriers étant ainsi assurée, un mur continu fut exécuté au pourtour de la cloche pour en soutenir la base et éviter que l'effondrement ne s'étende.

« Cette première consolidation effectuée, une visite minutieuse des échafaudages permit de constater que les étages inférieurs avaient peu souffert, mais qu'un affaissement de la partie supérieure de la cloche s'était produit, détruisant le cinquième plancher et menaçant le quatrième. De toute urgence, la circulation fut interrompue sur le boulevard, dans la région avoisinant la cloche.

« En souterrain, les échasses furent renforcées par des étais superposés entre chaque étage de planchers et la maçonnerie inférieure de la cloche poursuivie jour et nuit sans interruption, l'approvisionnement des matériaux s'effectuant au moyen d'un treuil de maçon établi sur le troisième plancher. La hauteur des maçonneries ainsi exécutées atteignit 6,30 m., soit la hauteur du quatrième plancher environ.

« Le travail souterrain ne pouvant alors se poursuivre sans danger, un puits fut ouvert sur le sommet de la cloche, tant pour décharger le plancher supérieur des terres l'encombrant, que pour achever les travaux des maçonneries.

« Le sommet de la cloche fut rencontré à 8,50 m. de profondeur, accusant ainsi un effondrement total de 13,45 m. de hauteur.

« Le quatrième plancher, débarrassé des terres, fut supprimé et les cintres pour voûtes mis en place sans difficultés spéciales.

« L'intrados de la voûte (3 mètres d'ouverture) se trouve à 8,10 m. du sol de la carrière, avec un rouleau de 0,80 m. supportant un

plateau de béton de 0,80 m. d'épaisseur, sur lequel repose le radier du Métropolitain.

« La consolidation de cette cloche, d'un vide total de 650 mètres cubes, a nécessité la mise en œuvre de 420 mètres cubes de maçonnerie de meulière.

« Indépendamment de cette cloche exceptionnellement grande, de nombreux fontis ont été rencontrés au cours des travaux. Le tableau ci-dessous en donne le nombre et indique le mode de consolidation.

	DÉSIGNATION DES LOTS DE TRAVAUX						Totaux.
	1 ^{er}	2 ^e	3 ^e	4 ^e	5 ^e	6 ^e	
Fontis consolidés par-dessous.	5	22	7	»	3	2	39
Fontis consolidés par colonnes de béton	15	4	6	»	10	13	48
Ensemble.	20	26	13	»	13	15	87

« Des affaissements généraux du sol ont été également constatés en plusieurs endroits et ont nécessité la construction de séries de colonnes de béton. Vers le boulevard Pasteur, au coin du boulevard de Vaugirard, le terrain était complètement effondré, la roche formant autrefois le ciel reposait sur le sol de carrière; boulevard de Vaugirard, à l'emplacement de la station dite « Gare Montparnasse », un vide de 0,05 m. a été découvert à 13 mètres de profondeur, au milieu de bancs compacts surmontant la carrière et a nécessité, après la consolidation souterraine, l'exécution de puits comblés en béton.

« Sous les piédroits du Métropolitain, boulevard Edgar-Quinet, sur 120 mètres de longueur à partir de la place du Maine, le sol était complètement disloqué et on a dû asseoir le Métropolitain sur une file ininterrompue de colonnes de béton; cet affaissement résultait d'un décollement partiel des bancs du terrain; par suite de l'exploitation souterraine, les couches surmontant la carrière se sont affaissées successivement jusqu'à un banc de cailloux durs qui a résisté au mouvement; entre ce banc de cailloux et la couche intérieure de marne est resté un espace vide qui aurait pu compromettre la stabilité des ouvrages.

« Boulevard Raspail, près de la place Denfert-Rochereau, un affaissement général a également été constaté sur 60 mètres de

longueur. Le quatrième lot, sur le boulevard Saint-Jacques, a présenté une suite ininterrompue de fontis, le ciel de carrière n'existant plus qu'en quelques endroits; des affaissements de même nature ont été rencontrés place et boulevard d'Italie et près de la rue des Cinq-Diamants, et boulevard de l'Hôpital près de la rue de Campo-Formio. Tous ces affaissements et fontis ont grandement compliqué l'exécution des consolidations; sur bien des points, le type normal de consolidation a dû être abandonné et les piliers souterrains remplacés par des colonnes de béton. » (Rapport de MM. Wickersheimer, ingénieur en chef des Mines, inspecteur général des Carrières de la Seine, et Weiss ingénieur des Mines.)

d. *Adjudication des travaux. Dépenses.* — Les travaux ont été exécutés à l'entreprise, sur série de prix, sous la direction des agents de l'Inspection générale des Carrières de la Seine.

En raison de la nature même des travaux et de l'indétermination qui existait sur l'état des carrières sous le tracé de la ligne, les cahiers des charges de l'adjudication mentionnaient simplement que l'adjudication avait pour objet certain la consolidation d'une partie déterminée de la ligne métropolitaine et que les travaux seraient payés d'après la série de prix de l'Inspection des Carrières sans que le montant des devis, non plus que la disposition exacte des consolidations à exécuter puissent être précisés à l'avance. Le Service des Carrières devait déterminer le programme des travaux au fur à mesure de l'avancement des recherches, en tenant compte des éléments fournis par les explorations.

Pour assurer la rapide exécution des consolidations qui devaient être achevées en moins d'une année, les travaux ont été divisés en six lots qui ont été mis en adjudication simultanément le 11 mai 1901.

Le tableau n° 5 donne le détail des lots ainsi adjugés, leur montant, les rabais consentis et les noms des entrepreneurs adjudicataires.

Les entrepreneurs ont été laissés libres dans le choix de la méthode à adopter pour l'extraction des déblais; en réalité ces méthodes, pour les six lots, se sont trouvées réduites aux deux seules vraiment pratiques :

1° Fonçage de larges puits rectangulaires de 2,40 m. sur 2 mètres, au nombre de trois pour un lot, avec espacement moyen de 200 mètres environ. Au-dessus de chacun de ces puits était installé un monte-charges, soit à vapeur, soit électrique.

2° Fonçage de petits puits d'un diamètre moyen de 1,20 m. desservis par des treuils à main; leur espacement, naturellement moindre que celui des précédents, était en moyenne de 65 mètres.

La première méthode a été appliquée par les entrepreneurs des quatre premiers lots; la seconde sur les cinquième et sixième lots.

Les ingénieurs du Service des Carrières estiment que, dans le premier cas, l'augmentation des distances moyennes de roulage des déblais dans les galeries a compensé l'économie résultant du large espacement des puits.

Il sont d'avis qu'il y a eu avantage pour les entrepreneurs des cinquième et sixième lots à procéder comme ils l'ont fait plutôt que de recourir aux installations coûteuses qu'exigeait la première méthode; ces dernières ne devenaient plus avantageuses que lorsque les galeries principales avançaient régulièrement sans subir les retards résultant de la présence de fontis ou autres obstacles.

N'ayant rencontré que des vides de faibles dimensions, on n'a pu employer en bourrages qu'un faible cube de terres; la presque totalité a dû, par suite, être montée par les puits et enlevée par tombereaux aux décharges publiques.

Pour les boisages des galeries, on s'est surtout servi de cadres en chêne et de planches en sapin. Les maçonneries ont été confectionnées en meulière hourdée en mortier de chaux hydraulique à 350 kilogrammes. Le béton employé pour le remplissage des puits était composé de 80 parties de cailloux pour 45 du mortier ci-dessus; le nombre de puits ainsi bétonnés a été de 439.

L'éclairage a été assuré par l'électricité sur les premier et deuxième lots; sur les quatre autres lots, on s'est servi de pétrole ou de chandelles.

Le nombre d'ouvriers occupés a été de 500 en moyenne par journée de travail.

TABLEAU N° 5.

N° des lots.	DÉSIGNATION DES LOTS	MONTANT approximatif de l'entreprise.	RABAIS concessif p. 100.	NOMS ET ADRESSES des adjudicataires.
1 ^{er}	Le 1 ^{er} lot comprend la consolidation de l'ouvrage sous la partie comprise entre la perpendiculaire du boulevard Pasteur passant par le point de rencontre de l'axe de cette voie avec l'axe prolongé de la rue des Fourneaux et la perpendiculaire au boulevard Edgar-Quinet, passant par le point de rencontre de l'axe de cette voie avec l'axe prolongé de la rue de la Gaité.	fr. 237 000	fr. 22,30	Petit (Antoine), rue Vandamme, 57.
2 ^e	Le 2 ^e lot comprend la consolidation de l'ouvrage sous la partie comprise entre la perpendiculaire au boulevard Edgar-Quinet, passant par le point de rencontre de l'axe de cette voie avec l'axe prolongé de la rue de la Gaité et la perpendiculaire au boulevard Raspail, passant par le point de rencontre de l'axe de cette voie avec l'axe prolongé de la rue Scholcher.	230 700	23,20	Id.
3 ^e	Le 3 ^e lot comprend la consolidation de l'ouvrage sous la partie comprise entre la perpendiculaire au boulevard Raspail passant par le point de rencontre de l'axe de cette voie avec l'axe prolongé de la rue Scholcher et la perpendiculaire au boulevard Saint-Jacques, passant par le point de rencontre de l'axe de cette voie avec l'axe prolongé du passage Gourdon.	298 000	21,00	Chagnaud (Léon), rue Saint-Florentin, 41.
4 ^e	Le 4 ^e lot comprend la consolidation de l'ouvrage sous la partie comprise entre la perpendiculaire au boulevard Saint-Jacques, passant par le point de rencontre de l'axe de cette voie avec l'axe prolongé du passage Gourdon et le prolongement de l'axe de la rue Darreau.	205 600	17,60	Martin (Louis), boulevard Jourdan, 90.
5 ^e	Le 5 ^e lot comprend la consolidation de l'ouvrage sous la partie comprise entre l'origine des carrières du 13 ^e arrondissement (côté de la Bièvre), et la perpendiculaire au boulevard de l'Hôpital, passant par le point de rencontre de l'axe de cette voie avec l'axe prolongé de la rue Watteau.	263 000	16,40	Emile Blin et fils, boulevard Voltaire, 220.
6 ^e	Le 6 ^e lot comprend la consolidation de l'ouvrage sous la partie comprise entre la perpendiculaire au boulevard de l'Hôpital, passant par le point de rencontre de l'axe de cette voie, avec l'axe prolongé de la rue Watteau et le boulevard Saint-Marcel, côté Est (limites des carrières souterraines dans la région)	300 700	20,40	Rouffet (Emile), rue Casagnary, 12.

Il a été employé ou exécuté, pour l'ensemble du travail :

Fouille de puits ou de galeries souterraines.	70 000 m ³ .
Tranches de masse.	2 500 —
Bourrages.	7 000 —
Maçonneries diverses.	45 000 —
Bois de chêne pour étaitements	1 400 —
Bois de sapin	1 200 —
Voliges	21 000 m ² .
Madriers	37 000 —

D'après les prévisions du projet, les dépenses devaient s'élever à 1 610 000 francs, dont 1 535 000 francs pour travaux à l'entreprise et 75 000 francs, pour frais généraux. Application faite des rabais d'adjudication, la dépense prévue ressortait à 1 226 280,30 fr. pour les travaux à l'entreprise; elle s'est élevée finalement à 1 857 813,73 francs; la comparaison, par lot, s'établit comme suit :

	DÉPENSES prévues.	RABAIS p. 100.	DÉPENSES prévues rabais déduit.	DÉPENSES réelles.	EXCÉDENT
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
1 ^{er} lot.	237 000,00	22,30	184 149,00	323 657,42	139 508,42
2 ^o —	230 700,00	23,20	177 177,60	341 086,63	163 909,03
3 ^o —	298 000,00	21,00	235 420,00	246 120,01	10 700,01
4 ^o —	205 600,00	17,60	169 414,40	191 721,77	22 307,37
5 ^o —	263 000,00	16,40	219 860,00	469 986,48	250 126,48
6 ^o —	300 700,00	20,10	240 259,30	285 241,72	44 982,42
Totaux.	»	»	1 226 280,30	1 857 813,73	631 533,43

On relève ainsi un excédent de 631 533,43 fr. sur la dépense totale prévue; mais ce fait n'a rien qui doive étonner si l'on se reporte aux explications qui précèdent touchant l'impossibilité absolue de fixer exactement par avance l'importance du travail à exécuter et, par suite, d'en évaluer, même approximativement, le coût réel et définitif. La disproportion qui se constate entre les excédents afférents aux divers lots, variant de 4 à 120 p. 100 de la prévision initiale, vient ici confirmer de façon frappante la prudente prévoyance qui a conduit les ingénieurs du Service des Carrières à insérer dans les cahiers des charges la réserve dont il a été parlé plus haut.

Ajoutons que, en dépit de la difficulté tout exceptionnelle que présentaient ces travaux délicats, aucun accident mortel ne s'est produit, constatation digne d'être relevée ici.

Enfin, le prix de revient du mètre cube de maçonnerie (meulière et béton) mis en place, comprenant tous travaux préparatoires et accessoires, ne s'est élevé qu'à 44,20 fr. alors qu'il a été de 64,28 fr. pour les travaux de même nature exécutés, il y a une dizaine d'années, sous le chemin de fer de Sceaux.

Commencés en juin 1901, les travaux ont été terminés en juin 1902, c'est-à-dire dans le délai prévu.

2° DÉVIATIONS D'ÉGOUTS ET DE CONDUITES D'EAU. — Parmi les travaux de déviations ou de transformations d'égouts qu'a nécessités la construction de la ligne n° 2 Sud, on peut citer les suivants :

La ligne métropolitaine passait sous l'égout de la rue Franklin dont l'étanchéité a dû être assurée par un revêtement en ciment armé. Sur le boulevard Pasteur, entre les rues Dutot et de Vaugirard, l'égout pair a été utilisé après simple suppression de sa banquette. L'égout pair du boulevard de Vaugirard, coupé par la ligne au droit du passage Alexandre, a été dirigé sur le collecteur de Vaugirard au moyen d'une galerie neuve à construire boulevard Pasteur; l'égout impair a dû être dévié sur une longueur de 92 mètres au droit de la station « Gare Montparnasse ».

Un égout de type spécial a dû être construit sur toute la longueur du boulevard Edgar-Quinet; cet égout, passant sous le chemin de fer métropolitain au droit de la rue de la Gaité, reçoit, après cette traversée, les eaux de l'égout pair prolongé à cet effet; il se déverse dans un collecteur à voie de 0,60 m. construit avenue du Maine jusqu'au boulevard du Montparnasse; cet égout passe au-dessus du Métropolitain et forme le prolongement de la galerie de l'avenue du Maine, côté pair, coupée par le chemin de fer.

Sous le boulevard Raspail, un égout neuf a été construit du côté impair pour capter les eaux de la rue Campagne-Première.

Sur la place d'Italie, divers travaux de rechargement d'égouts et de reconstruction de branchements de bouches avaient tout d'abord été prévus; mais, à la suite de la délibération du Conseil

municipal en date du 14 juin 1901, qui a modifié les conditions de raccordement des lignes n^{os} 2 Sud, 5 et 6, on a dû procéder à de nouvelles et importantes transformations d'égouts.

Au boulevard de l'Hôpital, l'égout impair qui reçoit les eaux d'un certain nombre d'immeubles, notamment celles du magasin central des hôpitaux, et qui occupait l'emplacement prévu pour la ligne à la sortie du boulevard Saint-Marcel, a été ramené dans l'égout de type circulaire de la Bièvre, en passant par-dessous le chemin de fer.

En ce qui concerne les conduites de la distribution générale, on a reporté en galeries celles qui étaient atteintes par la ligne dans les parties où cette dernière devait être établie en souterrain ; dans les parties en viaduc, elles ont été maintenues en terre. Exception a toutefois été faite à la traversée de la vallée de la Bièvre où la conduite d'eau de Vanne de 0,80 m. a été reportée en galerie à cause de la nature du sol composé de remblais instables.

Ainsi qu'il avait été fait pour les précédentes lignes métropolitaines, le Service des Eaux a profité de ses remaniements de conduites pour améliorer la distribution en augmentant le diamètre de quelques-unes devenues insuffisantes ; c'est ainsi que la conduite de Vanne de 0,80 m. du boulevard d'Italie, entre la place Denfert-Rochereau et la rue Dareau, a été établie en galerie avec un diamètre de 1,10 m. Il va de soi que les dépenses correspondant à ces améliorations ont été payées sur les fonds du Service des Eaux et non sur ceux affectés à la construction du chemin de fer métropolitain ; elles ne figurent donc pas dans les chiffres indiqués plus loin.

L'ensemble des travaux ainsi prévus pour le Service des Eaux comprenait environ : 1750 mètres de galeries maçonnées à construire, 2800 mètres de conduites maîtresses (0,40 m. et au-dessus) et 5450 mètres de petites conduites à déplacer.

D'autre part, la délibération précitée du 14 juin 1901, et une autre délibération du 29 mars de la même année, décidant la création d'une station d'abord non prévue au boulevard Raspail, ont entraîné, de même que pour les égouts, des travaux supplémentaires relativement importants.

C'est ainsi qu'au boulevard Raspail, on a dû modifier une galerie

renfermant une conduite d'eau de source de 1,10 m. de diamètre qui, primitivement, devait être conservée telle quelle. A la place d'Italie, on a dû modifier et mettre en galerie des conduites de grand diamètre (conduites de refoulement de 0,90 m., d'eau de Vanne de 0,60 m et d'eau de rivière de 0,40 m) et remanier les petites conduites de distribution situées dans les égouts dont le déplacement devait être opéré pour la même raison.

TABLEAU N° 6.

N° des lots.	DÉSIGNATION DES LOTS	ESTIMATION	RABAIS p. 100.	ENTREPRENEURS adjudicataires.
1 ^o	Construction boulevard Edgar-Quinet. Côté impair d'un égout de type spécial II' entre la rue Émile-Richard et la rue de la Gaité. Côté pair d'un égout, type 10 bis, entre le n° 48 et la rue d'Odessa, et d'un égout type II entre la rue d'Odessa et l'avenue du Maine.	fr. 212 147,68	fr. 21,70	Dioudonnat (P.), rue Lahire, 12.
2 ^o	Construction d'une galerie de conduites d'eau, de type spécial X boulevard Saint-Jacques, entre la place Denfert-Rochereau et la rue Dareau.	129 327,76	28 »	Dauphin, avenue de Choisy, 13.
3 ^o	Construction, avenue du Maine, d'un égout collecteur type G, entre la place du Maine et le boulevard Montparnasse.	416 639,05	25,10	Dioudonnat (P.), rue Lahire, 12.
4 ^o	Construction de galeries de conduites d'eau de type spécial Y, boulevard d'Italie entre les rues Vergniaud et Barrault et entre la rue Abel-Bovelacque et la place d'Italie	106 670,48	29,90	Dupoux (Ch.), avenue du Parc- de - Montsouris, 23.
5 ^o	Construction d'un égout type 12, boulevard Pasteur, entre le boulevard de Vaugirard et la rue Dutot.	56 203,08	31,10	L'Union frater- nelle des Pui- sai-tiers, etc., rue de la Tombe- Issoire, 97-99.
6 ^o	Construction d'égouts types 13 ter et 12, boulevard de l'Hôpital, entre le n° 85 et la rue Duménil.	52 531,50	25 »	Jardin, rue de Lourmel, 80.

Les travaux complémentaires ainsi définis comportaient la construction de 680 mètres de galeries maçonnées, le déplacement de 1470 mètres de conduites maitresses et de 1860 mètres de petites conduites.

L'ensemble des travaux d'égouts et de conduites d'eau a été exécuté partie à l'entreprise par voie d'adjudication, partie par les entrepreneurs et fournisseurs d'entretien de la Ville de Paris.

Le 7 septembre 1901 ont été mis en adjudication une partie des travaux prévus avant l'intervention des délibérations ci-dessus visées des 29 mars et 14 juin 1901. Le tableau n° 6 donne le détail des lots, leur consistance et leur montant, les rabais consentis et les noms des adjudicataires.

Une deuxième adjudication, correspondant aux travaux complémentaires dont il a été parlé plus haut, a eu lieu le 13 septembre 1902. Elle comportait un lot unique ayant pour objet la construction de galeries pour conduites d'eau à exécuter place d'Italie; l'estimation de ce travail s'élevait à 89965,64 fr.; M. Dupoux, Charles, entrepreneur, a été déclaré adjudicataire moyennant un rabais de 29,80 fr. p. 100.

Aux chiffres ci-dessus il faut ajouter, pour travaux imprévus, les sommes à valoir ci-après :

1° Adjudication du 7 septembre 1901 :

1 ^{er} lot	63 512,32 fr.
2 ^e —	15 672,24 —
3 ^e —	31 900,95 —
4 ^e —	13 329,52 —
5 ^e —	24 396,92 —
6 ^e —	19 648,50 —
Total	<u>168 460,45 fr.</u>

2° Adjudication du 13 septembre 1902 :

Lot unique	40 933,36 fr.
----------------------	---------------

D'autre part, une partie des travaux a été confiée directement aux entrepreneurs et fournisseurs d'entretien de la Ville de Paris. Il faut compter de ce chef :

1° Travaux se rattachant à l'adjudication du 7 septembre 1901 :

a. Egouts. Place et boulevard d'Italie.	31 750,00 fr.	
Boulevard Raspail	24 820,00 —	
Boulevard de Vaugirard.	13 300,00 —	
Rue Franklin.	19 850,00 —	
Ensemble	89 720,00 fr.	
Somme à valoir.	94 600,00 —	
Total.	<u>184 320,00 fr.</u>	184 320 fr.
b. Conduites d'eau. Fournitures de fontes . . .	165 209,97 fr.	
— de robinets	37 690,50 —	
Travaux de maçonnerie (6 ^e lot).	32 316,91 —	
Travaux de maçonnerie (5 ^e lot).	60 217,00 —	
Travaux de fontainerie (1 ^{er} lot).	15 293,02 —	
Travaux de fontainerie (3 ^e lot).	168 695,41 —	
Réfections de chaussées	41 731,00 —	
Ensemble	521 183,81 fr.	
Somme à valoir.	52 816,19 —	
Total	<u>574 000,00 fr.</u>	574 000 fr.
Ensemble	<u>768 320 fr.</u>	

2° Travaux se rattachant à l'adjudication du 13 septembre 1902 :

a. Egouts	97 020,73 fr.	
Somme à valoir	25 469,27 —	
Ensemble	<u>122 490,00 fr.</u>	122 490 fr.
b. Conduites d'eau	236 576,88 fr.	
Somme à valoir	71 423,12 —	308 000 fr.
Total.	<u>430 490 fr.</u>	

Enfin, les dépenses prévues pour frais de personnel et de direction des travaux s'élevaient à :

Service des Egouts	9 510 fr.
Service des Eaux	14 600 —
Ensemble	<u>24 110 fr.</u>

En résumé, la dépense globale prévue pour l'ensemble des

44 LE CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN MUNICIPAL DE PARIS

travaux de déviations et modifications d'égouts et de conduites d'eau, s'établit comme suit :

A. Travaux adjugés le 7 septembre			
1901	673 519,55 fr.		
Travaux adjugés le 13 septembre 1902			
	89 066,64 —		
Somme à valoir correspondante :			
(168 460,45 + 10 933,36) = . .	179 393,81 —		
Ensemble	942 880,00 fr.		942 880 fr.
B. Travaux confiés aux entrepreneurs d'entretien :			
1° Rattachés à l'adjudication du 7 septembre 1901 :			
a. Egouts	184 320,00 fr.		
b. Eaux	574 000,00 —		
Ensemble	758 320,00 fr.		758 320 fr.
2° Rattachés à l'adjudication du 13 septembre 1902 :			
a. Egouts	122 490,00 fr.		
b. Eaux	309 000,00 —		
Ensemble	430 490,00 fr.		430 490 fr.
Total		1 188 810 fr.	1 188 810 fr.
C. Frais de direction et de personnel :			
a. Egouts	9 510,00 fr.		
b. Eaux	14 600,00 —		
Ensemble	24 110,00 fr.		24 110 fr.
Total général			2 153 800 fr.

IV. — DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE

a. *Puissance à prévoir.* — Au début de son exploitation, l'horaire de la ligne n° 2 Sud, comportait, aux heures les plus chargées, 20 trains de 3 voitures par heure ; mais le régime définitif de 20 trains de 6 voitures a été envisagé immédiatement par la Compagnie, dans l'établissement de son projet de distribution électrique, de façon que ce régime pût être mis en vigueur par une simple augmentation du matériel roulant ; il consomme pour la traction, par kilomètre de voie double, 320 kilowatts en courant triphasé (la longueur de la ligne est, en nombre rond, de 11 kilomètres).

L'éclairage réparti sur les mêmes bases que pour les autres lignes exigeait pour l'ensemble de la ligne n° 2 Sud, et d'après un calcul fait directement, 200 kilowatts en courant triphasé.

Enfin l'entretien du matériel aux ateliers devait consommer environ 80 kilowatts.

D'après ces données, la puissance à prévoir en courant triphasé pour assurer l'exploitation dans les conditions ci-dessus indiquées devait atteindre au maximum, savoir :

Traction, 11×320 kw.	3 520 kw.
Eclairage	200 —
Ateliers	80 —
	3 800 kw.

Cette puissance est produite, en courant triphasé, d'une part par l'usine génératrice de Bercy et d'autre part, par l'usine de la Société d'Électricité de Paris, à Saint-Denis.

Elle est transformée en courant continu en partie à l'usine de Bercy même et, pour le reste, aux sous-stations de l'Étoile, de Denfert-Rochereau et de La Motte-Picquet (ces deux dernières font l'objet d'indications spéciales ci-après).

La puissance totale est répartie ainsi qu'il suit entre les centres de transformation.

USINES et sous-stations.	ZONES D'ACTION	PUISSANCES exigibles.	
		partielles.	par sous-station
Etoile	Vers La Motte-Picquet 1 800 m.	609 kw.	609 kw.
La Motte-Picquet	Vers l'Étoile 1 800 —	609 —	1 167 —
	Vers Denfert-Rochereau 1 650 —	558 —	
Denfert-Rochereau	Vers La Motte-Picquet 1 650 —	558 —	1 291 —
	Vers Bercy 2 050 —	733 —	
Bercy	Vers Denfert-Rochereau 2 050 —	733 —	733 —

La transformation est effectuée au moyen de groupes ayant individuellement une puissance de 750 kilowatts en fonctionnement normal, et pouvant atteindre 1 000 kilowatts sans inconvénient.

D'ailleurs une certaine quantité d'énergie peut, le cas échéant,

être produite directement sous forme de courant continu à l'usine de Bercy.

b. Distribution en courant triphasé. — La distribution de l'énergie en courant triphasé aux sous-stations de transformation est assurée de la manière suivante :

L'usine de Bercy alimente en courant triphasé à 5 000 volts la sous-station Denfert-Rochereau.

L'usine de Saint-Denis alimente en courant triphasé à 10 000 volts les sous-stations Étoile et La Motte-Picquet.

Chaque sous-station est alimentée par 2 câbles à 3 conducteurs, calculés pour supporter un débit de 1 ampère par millimètre carré, avec $\cos \varphi = 0,95$ lorsque ces câbles transporteront la puissance totale prévue pour chaque sous-station.

C'est ainsi qu'on a installé : 2 câbles de $3 \times 90 \text{ mm}^2$ pour 5 000 volts entre l'usine de Bercy et la sous-station Denfert-Rochereau, 2 câbles de $3 \times 90 \text{ mm}^2$ pour 10 000 volts allant de l'usine de Saint-Denis à la sous-station Étoile, enfin 2 câbles de $3 \times 90 \text{ mm}^2$ pour 10 000 volts entre l'usine de Saint-Denis et la sous-station La Motte-Picquet.

c. Distribution en courant continu pour la traction. — Le courant continu pour la traction est amené de chaque sous-station à la voie au moyen de feeders en cuivre.

D'après les longueurs des zones d'action et la fréquentation admise, les différents centres d'alimentation en courant continu peuvent avoir à alimenter, au maximum, à un instant donné, savoir :

Etoile.	$\frac{1}{2}$ trains, exigeant . .	955 ampères.
La Motte-Picquet.	7 — , — . . .	1 670 —
Denfert-Rochereau.	7 — , — . . .	1 670 —
Bercy.	$\left. \begin{array}{l} \frac{1}{2} \text{ — , } \\ \text{Ateliers.} \end{array} \right\}$ — . . .	1 085 —

Adoptant une densité de courant de 0,63 environ, voisine de la densité la plus économique, d'après la formule de lord Kelvin, on a donné aux ensembles de feeders, tant positifs que négatifs,

reliant les centres d'alimentation aux conducteurs de traction, les sections suivantes :

Etoile	1 520 mm ² .
La Motte-Picquet	2 650 —
Denfert-Rochereau	2 650 —
Bercy	1 680 —

Ces sections sont réparties entre feeders de telle manière que l'alimentation est faite séparément pour les deux voies, et, sur chaque voie, séparément aussi pour les deux côtés de chaque centre. L'alimentation de la ligne est donc sectionnée.

La distribution de l'énergie en courant continu pour la traction se fait, sur les voies, par deux conducteurs en acier doux, un pour chaque voie. La section de chaque conducteur est fixée à 6500 millimètres carrés. Le retour est assuré par les rails de roulement ayant ensemble, pour chaque voie, une section de 13000 millimètres carrés en acier dur.

D'après le tableau ci-dessus de l'alimentation en courant continu, la zone d'action la plus chargée d'un même côté d'un centre d'alimentation est celle de Bercy où le débit maximum peut atteindre 1 085 ampères.

La densité de courant peut donc atteindre au maximum :

$$\frac{1\ 085}{13\ 000} = 0,083 \text{ dans les conducteurs en acier doux.}$$

$$\frac{1\ 085}{26\ 000} = 0,0415 \text{ dans les rails de retour en acier dur.}$$

La liaison électrique entre les barres du conducteur formant feeder positif est assurée par la soudure des joints ou par des connexions en cuivre sur un certain nombre de joints laissés libres pour la dilatation; entre les barres des rails de roulement formant feeders négatifs, elle est assurée par des éclisses en cuivre. Les sections des connexions en cuivre ont été calculées de telle sorte que la résistance de chaque joint ne soit pas supérieure à celle des barres elles-mêmes.

La résistance kilométrique effective de la canalisation de traction de la ligne n° 3, déterminée directement, a été trouvée égale à 0,01662; la constitution de la canalisation de traction de la ligne n° 2 Sud étant comparable, au point de vue des sections et des natures de métal, à celle de la ligne précitée, on pouvait

estimer que la résistance kilométrique aurait la même valeur. Dans cette hypothèse, on a trouvé que la perte de voltage maximum à l'extrémité de la section la plus chargée pourrait atteindre 20 volts, dont 14 volts pour le positif et 6 volts pour le négatif, ce qui donnait une chute maximum par kilomètre de 6,5 volts pour le + et de 3 volts pour le —.

d. *Distribution en courant continu pour l'éclairage.* — L'éclairage comprend deux circuits, indépendants des circuits de traction, distincts l'un de l'autre, et dont l'un a reçu une protection spéciale le mettant à l'abri de tout accident (éclairage dit « de secours » ou « protégé »).

Les feeders du circuit protégé sont branchés sur les batteries de l'usine de Bercy et des sous-stations Étoile et Denfert-Rochereau; ceux du circuit ordinaire sur les mêmes batteries et sur les barres de la sous-station de La Motte-Picquet.

Les canalisations de l'éclairage protégé ont été calculées de telle manière que, au cas exceptionnel où l'alimentation ne serait assurée accidentellement que par deux batteries sur trois, la baisse de voltage ne dépasserait en aucun point des feeders positifs 20 p. 100 de la tension au départ de la batterie la plus voisine.

Le feeder de l'éclairage ordinaire est disposé de manière à être utilisé, d'une part pour éclairer les voitures en cas d'arrêt du courant de traction, et d'autre part comme fil de trolley pour les manœuvres du matériel d'entretien.

D'après ces données et d'après des observations directes de consommation faites sur les lignes en exploitation, les besoins de puissance, à partir de l'ouverture de la section Passy-Austerlitz, devaient atteindre, au maximum, pour la partie de réseau en exploitation, les chiffres indiqués au tableau ci-après.

Pour compléter les indications qui précèdent, nous donnons les schémas :

De la distribution	(fig. 8),
Des connexions de la ligne	(fig. 1, pl. V).
Des feeders de traction.	(fig. 2, pl. V).
Des feeders d'éclairage	(fig. 3, pl. V).

Les dispositions adoptées pour la mise en place des câbles et

URE
 TI
 (A
 . existante
 et .d° -
 page .d° -
 nouveaux
 nt .d° -
 page .d° -

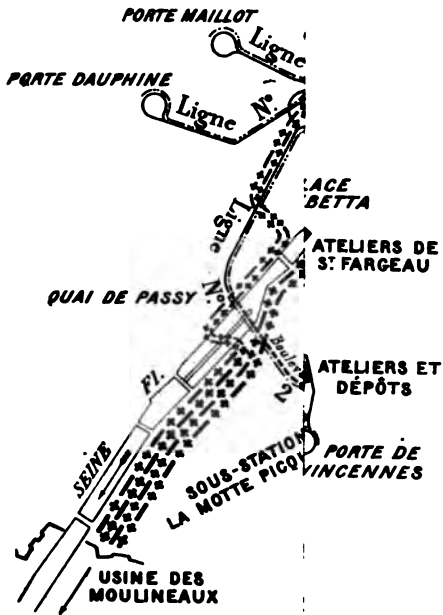


Fig. 8.



fils dans le souterrain courant, présentent quelques changements par rapport à celles déjà décrites pour les autres lignes; la figure 4 (pl. V) montre le dispositif appliqué sur la ligne n° 2 Sud, tant du côté des canalisations de l'éclairage normal que de celui de l'éclairage protégé. Enfin, un dispositif spécial a dû également être adopté pour la pose des canalisations le long des parties en viaduc; il est représenté par la figure 5 qui ne s'applique, bien entendu, qu'au viaduc courant, à l'exclusion des viaducs spéciaux de Passy et d'Austerlitz qui feront ultérieurement l'objet d'études spéciales.

SOUS-STATIONS	PUISSANCES DEMANDÉES Usines productrices.		PUISSANCES disponibles.
	Bercy.	Saint-Denis.	
Bercy	1 933 kw.	»	4 000 kw.
Etoile	»	2 574 kw.	5 000 —
Louvre	1 450 —	»	2 000 —
Barbès	»	1 110 —	3 000 —
Père-Lachaise	2 500 —	»	5 000 —
Opéra	850 —	850 —	4 000 —
Denfert-Rochereau	1 291 —	»	3 000 —
La Motte-Picquet	»	1 167 —	2 000 —
Totaux	8 024 kw.	5 701 kw.	28 000 kw.

Ajoutons que le métal employé pour la fabrication des câbles isolés est le cuivre rouge à haute conductibilité (98 p. 100 au minimum). L'enveloppe isolante est de deux types composés respectivement comme suit :

1° Cuivre rouge étamé, une couche caoutchouc naturel, deux couches caoutchouc vulcanisé, deux rubans caoutchoutés, jute tanné, armature de deux rubans de fer galvanisé de 8/10 d'épaisseur chacun, deux filins goudronnés et enduits ;

2° Cuivre rouge étamé, une couche caoutchouc naturel, deux couches caoutchouc vulcanisé, deux rubans caoutchoutés, enduit noir.

e. *Sous-stations électriques.* — Comme il vient d'être expliqué, la distribution de l'énergie électrique nécessaire pour l'exploitation de la ligne n° 2 Sud, a exigé l'installation de deux nouvelles sous-stations électriques dénommées « Denfert-Rochereau » et

« La Motte-Picquet », en raison de leurs emplacements respectifs. Elles ont pour but, comme les établissements analogues des autres lignes (« Père-Lachaise », « Barbès », « Étoile », etc.), de transformer en courant continu à 600 volts, le courant triphasé à haute tension (5000 volts) qu'elles reçoivent des usines génératrices.

Leurs emplacements ont été choisis de façon à permettre leur utilisation non seulement pour la ligne n° 2 Sud, mais aussi pour d'autres lignes du réseau. C'est ainsi que la sous-station Denfert-Rochereau a été établie près du point de rencontre des

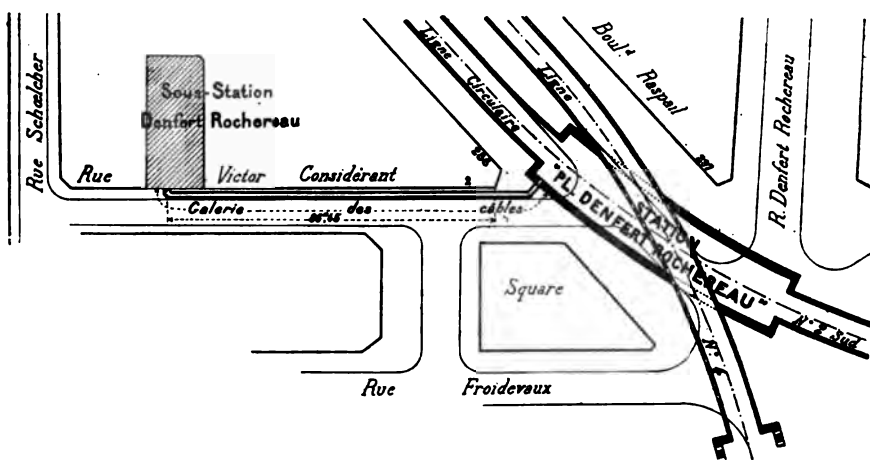


Fig. 9. — Sous-station « Denfert-Rochereau ». — Plan de situation.

lignes n° 2 Sud et 4 ; et la sous-station La Motte-Picquet à celui des lignes n° 2 Sud et 8 ; elles pourront ainsi participer respectivement plus tard à l'alimentation des lignes n° 4 et 8.

1° Sous-station « Denfert-Rochereau ». — Cette sous-station est installée sur un terrain, sis rue Victor-Considérant, n° 10, que la Compagnie a acquis dans ce but de la Ville de Paris (fig. 9). Elle est disposée pour recevoir cinq groupes de transformation d'une puissance totale de 5 000 kilowatts en courant triphasé à 5 000 volts, en vue de l'alimentation immédiate de la ligne n° 2 Sud et future de la ligne n° 4 ; elle contiendra, en outre, une batterie d'accumulateurs d'une capacité de 800 ampères-heure.

Le bâtiment est composé d'un étage sur rez-de-chaussée avec sous-sol ; la salle des groupes de transformation est au rez-de-chaussée (fig. 6, pl. V) ; la batterie d'accumulateurs occupe l'étage.

Chaque groupe de transformation est établi pour une puissance de 750 kilowatts, mais peut donner 1 000 kilowatts sans inconvénient; il se compose de : 1° Trois transformateurs monophasés, de 250 kilowatts chacun, établis pour 5 000/430 volts à 25 périodes ; 2° une commutatrice d'une puissance normale de 750 kilowatts, établie pour 430 volts alternatifs et 600 volts continus, à excitation en simple dérivation; les données principales de chaque commutatrice sont : diamètre de l'induit, 4,50 m. ; largeur du noyau induit, 0,40 m. ; longueur du collecteur, 0,40 m. ; poids de la commutatrice, 18 000 kilogrammes environ.

La sous-station a été munie, en outre, d'un groupe survolteur, d'une batterie d'accumulateurs, d'un pont roulant et d'un monte-charges.

Le groupe survolteur se compose d'un moteur triphasé asynchrone de 90 chevaux sous 220 volts et 25 périodes, accouplé directement par un plateau en cuir à une génératrice à courant continu shunt à 150 volts et 400 ampères ; sa vitesse est de 730 tours.

Le pont roulant présente les données principales ci-après :

Puissance	10 t.
Distance d'axe en axe des rails des chemins de roulement	10,80 m.
Vitesse de levage par minute	0,10 —
Vitesse de translation du pont par minute	3,00 —
— — du chariot par minute	5,00 —
Poids total, compris les rails	5 500 kg.
Longueur des rails de roulement	23,00 m.

Le monte-charges, établi par la maison Vernes, Guinet, Sigros et C^{ie}, selon son système sans puits, a une puissance ascensionnelle de 600 kilogrammes et une course de 9,90 m. ; il est muni d'un appareil de manœuvre par cordes permettant la commande soit du rez-de-chaussée, soit de l'étage, ainsi que l'arrêt automatique aux étages. Il se meut, avec une vitesse ascensionnelle de 0,12 m. par seconde, au moyen d'une dynamo, type des constructeurs de l'appareil, à courant continu à tension de 550 volts. L'équilibrage est prépondérant de la moitié de la charge, de façon à obtenir la dépense minimum d'électricité.

La batterie d'accumulateurs, de la Société française de l'Accumulateur Tudor, est affectée spécialement à l'éclairage d'une partie de la ligne n° 2 Sud et, en cas de besoin, à celui d'autres lignes pendant leurs heures d'interruption ; elle assurera l'éclairage de ces lignes en cas d'arrêt accidentel de l'usine ou sous-station desservant ces dernières.

Elle comporte 285 éléments, de manière qu'une fois chargée normalement et prête à prendre le service, son voltage fasse équilibre à celui des commutatrices, soit de 580 à 600 volts. Sa capacité est de :

800 ampères-heure au régime de 230 ampères pendant 4 heures ;					
500	—	—	500	—	1 —
350	—	—	700	—	1/2 —

Chaque élément comprend 17 plaques, dont 8 positives et 9 négatives, présentant les dimensions suivantes : longueur, 0,35 m. ; largeur, 0,30 m. ; épaisseur, 0,010 m. à 0,012 m. ; son poids est de 287 kilogrammes environ, savoir :

Bac	42 kg.
Plaques	123 —
Tubes et dalles	15 —
Connexions	5 —
Electrolyte	102 —
Total	<u>287 kg.</u>

Le poids total de la batterie, non compris les chantiers et les isolateurs, est de 82 000 kilogrammes environ ; le courant de réduction est de 8 000 kilowatts.

Afin de faciliter la mise en place, la visite et l'entretien des câbles, les canalisations ont été placées dans une galerie maçonnée de 1,90 × 1,50 (fig. 10) se détachant de la station voisine « Place Denfert-Rochereau », de la ligne n° 2 Sud, sous la place de ce nom, et venant, en passant sous la rue Victor-Considérant, aboutir au sous-sol de la sous-station (fig. 9). Ces canalisations relient la sous-station : 1° à l'usine génératrice de Bercy, par des câbles à 3 conducteurs pour courant triphasé, empruntant la plateforme de la ligne n° 2 Sud ; 2° aux conducteurs de traction et d'éclairage de lignes métropolitaines, par des câbles à courant

continu; 3° aux réseaux téléphoniques des lignes par des câbles à plusieurs paires.

2° Sous-station « La Motte-Picquet ». — Cette sous-station est installée sur un terrain acquis par la Compagnie du Métropolitain et situé en bordure du boulevard de Grenelle, n° 135, près de l'avenue de La Motte-Picquet où passe le tracé de la ligne n° 8 (fig. 11).

Elle est disposée pour recevoir 5 groupes de transformation pouvant transformer une puissance totale de 5 000 kilowatts en courant primaire triphasé à 10 000 volts, et une batterie d'accumulateurs.

Le bâtiment comporte un étage élevé sur rez-de-chaussée (fig. 7, pl. V) et sous-sol; la salle des groupes de transformation occupe le rez-de-chaussée, l'étage est réservé pour la batterie.

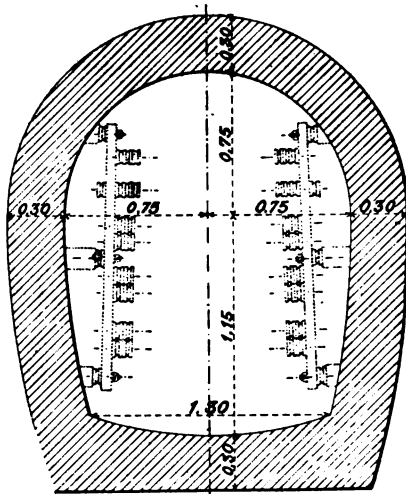


Fig. 10.

Chaque groupe de transformation comprend : 1° Trois transformateurs monophasés de 250 kilowatts chacun, établis pour 10 000 volts au primaire et 25 périodes; le voltage secondaire est tel que le voltage continu correspondant de la commutatrice est de 600 volts; 2° une commutatrice identique à celles entrant dans la composition des groupes de transformation de la sous-station Denfert-Rochereau; 3° un groupe de démarrage pour la mise en marche, soit au début du service, soit pendant son fonctionnement; ce groupe se compose d'un moteur triphasé asynchrone sous 220 volts, accouplé directement par plateau en cuir à une dynamo à courant continu shunt à 600 volts et 100 ampères.

La sous-station est également pourvue d'un pont roulant dont les caractéristiques sont identiques à celle de l'engin de même nature établi à la sous-station Denfert-Rochereau.

La sous-station La Motte-Picquet est reliée : 1° à l'usine de la Société d'Électricité de Paris sise à Saint-Denis, par des câbles à

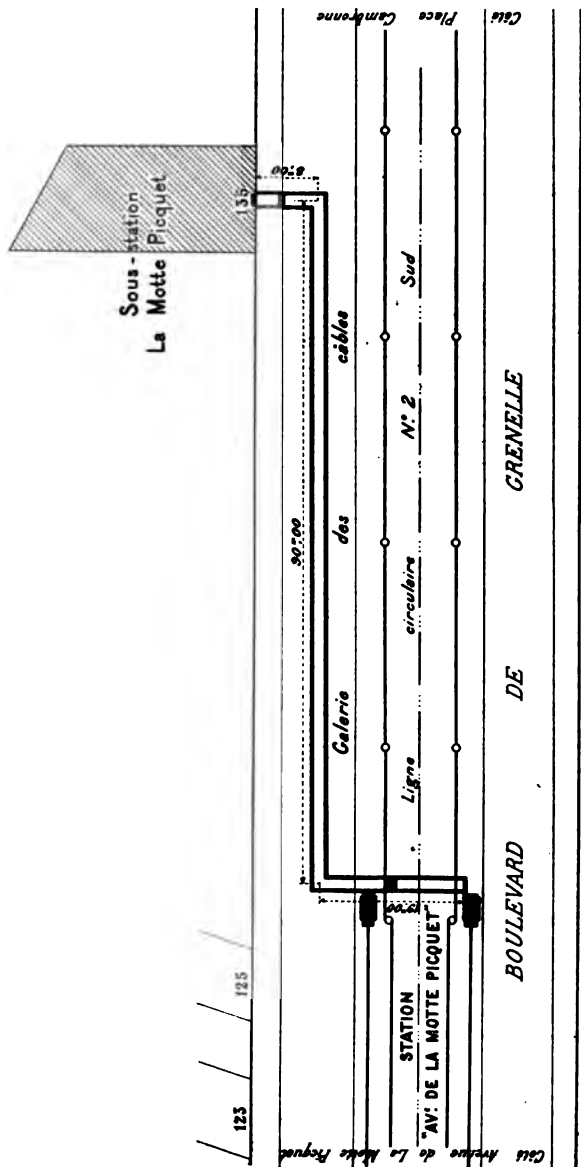


Fig. 11. — Sous-station « La Motte-Picquet ». — Plan de situation.

3 conducteurs pour courant triphasé; 2° aux conducteurs de traction et d'éclairage des lignes métropolitaines par des câbles à cou-

rant continu; 3° aux réseaux téléphoniques des lignes, par des câbles à courant continu.

Pour faciliter la mise en place, la visite et l'entretien de ces canalisations entre la sous-station et la ligne n° 2 Sud qu'elles rejoignent à la station « La Motte-Picquet » (fig. 11) la Compagnie les a logées dans une galerie spéciale (fig. 12) qui, suivant la chaussée Nord du boulevard de Grenelle, vient aboutir, par un coude à angle droit, aux deux piliers extrêmes (côté place d'Italie), de la station. Les canalisations remontent ensuite, en câbles isolés, dans des coffres en tôle peints

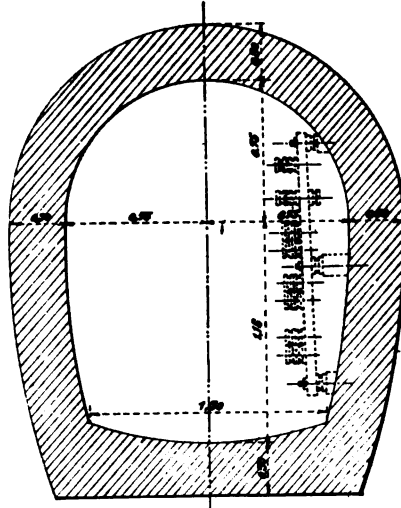


Fig. 12.

en couleur imitation de la pierre des piliers, et sont connectées sur le viaduc aux canalisations de la ligne n° 2 Sud.

V. — ÉCLAIRAGE

Le dispositif d'éclairage de la ligne n° 2 Sud a été divisé en deux circuits indépendants; l'un dessert l'éclairage dit normal, l'autre l'éclairage dit de secours. Ces dispositions ont été adoptées par application de prescriptions faites à la Compagnie à la suite de l'accident de la station « Rue des Couronnes », survenu le 10 août 1903, où l'extinction totale de l'éclairage fut certainement l'un des facteurs importants de la gravité de l'accident. Les deux circuits fonctionnent d'ailleurs simultanément; mais, en cas d'extinction accidentelle du premier, le second, protégé contre toutes causes d'avarie, assurerait un éclairage très suffisant pour faciliter, si besoin était, l'évacuation du public.

L'éclairage du souterrain courant est identique à celui des parties souterraines de la ligne n° 2 Nord; le viaduc courant n'est

pas éclairé. L'éclairage des viaducs de Passy et d'Austerlitz a fait l'objet de dispositions spéciales qui seront décrites plus loin en même temps que ces ouvrages eux-mêmes.

Les quais, ainsi que les accès de toutes les stations, sont éclairés par des lampes à incandescence de 16 bougies ; l'emplacement de ces dernières, variable nécessairement suivant les circonstances locales, a été déterminé dans chaque cas, de manière que l'intensité soit la même que celle qui existe, aux endroits analogues, sur les lignes déjà en exploitation. Une inscription lumineuse du mot « sortie » est placée au-dessus de chaque escalier débouchant sur un quai dans toutes les stations souterraines ; ces stations présentent, de plus, sur chaque mur pignon, quatre lampes réparties le long de la courbe de tête du souterrain.

La figure 8 (pl. V) donne le schéma de groupement, dans chaque circuit, des lampes du souterrain et des stations.

Chaque signal souterrain est éclairé par une lampe mise en série, soit avec 4 lampes du tunnel courant, soit avec celles d'un pignon de station ; les signaux des parties à ciel ouvert sont éclairés chacun par une série de 5 lampes ; il y a en outre, dans chaque signal, une autre série de 5 lampes comme éclairage de secours.

Aux abords de chaque appareil de changement de voie sont placées 5 lampes supplémentaires, à 5 mètres de distance l'une de l'autre.

Les voies de garage de la boucle de la place d'Italie sont éclairées par des lampes de 10 bougies placées tous les dix mètres en quinconce ; elles sont disposées à la hauteur normale le long des voies sur ballast, et à hauteur des essieux le long des voies sur fosses de visite ; pour l'éclairage de ces fosses, des prises de courant ont été disposées tous les 6 mètres sur les longrines d'une des files de rails.

Dans les fosses des stations terminus, ont été placées : 1° 40 lampes en tête de chaque fosse, soit 20 lampes de chaque côté, tous les 2 mètres en quinconce ; 2° 20 lampes en queue de chaque fosse, soit 10 lampes de chaque côté, tous les 2 mètres en quinconce. (La tête et la queue d'une fosse s'entend ici de la partie

qui se trouve du côté de la tête ou de la queue du train quand celui-ci est en station); 3° 10 prises de courant équidistantes, par fosse; 4° 20 lampes équidistantes, sous les entablements.

L'alimentation est assurée par deux canalisations indépendantes alimentant chacune un côté de la ligne et la moitié de chaque accès (fig. 8, pl. V).

Dans la partie souterraine, une des canalisations (éclairage protégé), est disposée de manière à se trouver à l'abri de tout accident. Elle se compose : pour les feeders principaux, de câbles armés placés dans un caniveau ignifugé noyé dans le ballast, et pour les dérivations et séries du tunnel et des stations, de fils sous caoutchouc posés dans des tubes métalliques, à gaine isolante. L'autre canalisation (éclairage normal), installée du côté opposé à la précédente, se compose : pour les feeders principaux, de câbles nus; pour les dérivations et séries du tunnel, de fils nus; pour les dérivations et séries de stations, de fils sous caoutchouc posés sur serre-fils en porcelaine (fig. 4, pl. V).

Dans les parties à l'air libre, les feeders principaux sont tous nus; les fils de dérivations et de séries sont isolés sous caoutchouc et posés sur serre-fils en porcelaine (fig. 5, pl. V).

Dans les accès des stations, les fils dérivation et série sont sous caoutchouc et posés sur serre-fils; les lampes des différentes séries chevauchent entre elles; ces séries ont donc été disposées de telle sorte que deux lampes soient toujours alimentées, l'une par le circuit normal, l'autre par le circuit protégé (fig. 8, pl. V). Les signaux « sortie » sont tous alimentés par le circuit protégé.

Sur toute la longueur de la ligne, un des feeders positifs est disposé en trolley pour la traction aux heures de suspension du service public (fig. 4, pl. V).

Les lampes sont montées par circuits de 5 en série. Les feeders ont été calculés de manière que le voltage ne soit, en aucun point de la canalisation, inférieur à 550 volts; des boîtes de coupure sont placées sur les feeders principaux, à raison de 2 par station, en des points à l'abri des accidents, tout en restant à la portée des agents du quai.

L'allumage et l'extinction de la moitié d'un côté du tunnel compris entre deux stations, et d'un demi-quai sont commandés d'un

seul point situé à chaque extrémité de station. Les feeders principaux alimentant les lampes situées du côté protégé sont branchés directement aux bornes des batteries de l'usine de Bercy et de la sous-station de l'Etoile, et aux barres du tableau des sous-stations Denfert-Rochereau et La Motte-Picquet (fig. 9, pl. V).

D'après les données qui précèdent, la spécification des canalisations d'éclairage a été déterminée conformément aux indications ci-dessous, l'alimentation en étant prévue comme faite par l'usine de Bercy et les sous-stations de l'Etoile et Denfert-Rochereau.

1° Feeders principaux :		
a. De la sous-station de l'Etoile à la sous-station Denfert-Rochereau.	Côté protégé.	2 câbles armés, sous jute et papier, de 60 mm ² de section en souterrain.
		2 câbles nus de 60 mm ² en viaduc.
	Côté non protégé.	Un fil de trolley de 63 mm ² de section.
		Un câble négatif de 60 mm ² de section.
b. De la sous-station Denfert - Roche - reau au pont d'Austerlitz.	Côté protégé.	2 câbles armés, sous jute et papier, de 34 mm ² de section, en souterrain.
		2 câbles nus de 34 mm ² en viaduc.
	Côté non protégé.	Un fil de trolley de 63 mm ² de section.
		Un câble négatif de 34 mm ² .
2° Fils communs dans le tunnel	nus 20/10	
3° Fils série dans le tunnel	nus 16/10	
4° Fils de dérivation des câbles principaux aux tableaux	isolés 40/10	
5° Fils de dérivation dans les stations et accès.	isolés 20/10	
6° Fils série dans les stations et accès.	isolés 12/10	

VI. — SIGNAUX DE SÉCURITÉ

Le système de signaux adopté pour la ligne n° 2 Sud est encore un bloc-system, avec contrôleur du passage des signaux à l'arrêt ; mais ici la voie est normalement ouverte, c'est-à-dire que chaque signal est au blanc dans sa position habituelle.

Il est conçu de manière à réaliser les principes de couverture

qui, sauf la petite différence signalée ci-dessus, caractérisent le système adopté sur les lignes métropolitaines actuellement en exploitation, principes qui sont les suivants :

1° Un train est toujours couvert par deux signaux rouges à l'arrière.

2° Un signal est normalement au blanc (voie libre); le passage des voitures motrices sur la barre de contact qui lui correspond le met au rouge, en même temps qu'il met au blanc le signal anté-précédent.

3° Un train qui franchit un signal au rouge n'influe pas sur le fonctionnement normal des signaux en arrière, mais il agit sur un appareil contrôleur consistant dans une sonnerie qui se fait entendre à la station où le train arrive après le signal franchi à tort.

4° La manœuvre d'arrêt de cette sonnerie, faite par le chef de gare après constatation de la faute, n'exerce aucune action sur le fonctionnement des signaux.

Dans les parties souterraines, les signaux ont l'aspect de ceux du système Hall, sauf agrandissement des lentilles (fig. 4 à 4. pl. VI).

Dans les parties aériennes, le signal est complété par une palette formant voyant pendant le jour (fig. 5 et 6, pl. VI).

Voici quelques indications sur le fonctionnement du système ainsi appliqué.

C'est un système à voie normalement ouverte et à courant intermittent fourni par le troisième rail, avec contrôleurs de passage à l'arrêt.

Chaque poste de voie courante se compose (fig. 7, pl. VI) :

1° De deux pièces identiques comprenant chacune (en prenant la pièce de gauche) :

Un solénoïde S;

Une tige verticale T portant trois plateaux horizontaux *a b c*, avec contacts inférieurs ou supérieurs, ou contacts inférieurs et supérieurs;

Un électro-aimant \bar{c} pouvant attirer un loquet θ pivotant autour de l'axe O.

2° Deux circuits de lampes L_1 et L_2 éclairant, l'un L_1 , un verre blanc, l'autre L_2 , un verre rouge.

3° Une barre métallique isolée α par exemple;

4° Un contrôleur de passage à l'arrêt comprenant :

- a* Un électro-aimant δ'' ;
- b* Un crochet I pivotant autour de l'axe O'' ;
- c* Un basculeur *m* pivotant autour de l'axe O''' ;
- d* Une pile P ;
- e* Une sonnerie S'' .

Le fonctionnement du système est le suivant :

Supposons un train allant de A vers D, ABCD étant des postes quelconques.

Avant tout mouvement de trains, tous les postes ont leurs tiges T et T' relevées et maintenues par les loquets θ et θ' .

Les signaux sont au blanc puisque les circuits des lampes L, sont fermés par les fils 21, 22, le plateau C et le fil 23.

Lorsque le train passe en A, les frotteurs de la voiture qui ne sont pas sur le rail C mettent la barre α en charge.

Par la barre α , le courant passe successivement dans les électros en série δ et δ' , par les fils 1, 2, 3, 6 et 7. Les loquets θ et θ' sont attirés, les tiges T et T' tombent par leur propre poids, et le signal se met à voie fermée, le circuit des lampes rouges étant fermé par les fils 24, 25, plateau C et fil 23.

Nous verrons aux postes B et C ce qui se produit à ce moment par rapport aux signaux précédent et antérieur.

Lorsque le train passe en B, les mêmes faits se reproduisent, le signal correspondant se met au rouge.

Dès que la tige T' du poste B est tombée, la tige T' du poste A remonte, le circuit du solénoïde de ce poste étant fermé comme suit :

Au poste B, fils 1, 8, plateau *e*, fil 9, plateau *a*.

Au poste A, fils 10, 11 et 12.

Le signal du poste A reste au rouge puisque la tige T de ce poste reste tombée.

Lorsque le train passe en C, les mêmes faits se reproduisent, le signal correspondant se met au rouge, et la tige T' du poste B est remontée par le solénoïde S' de ce poste.

De plus, la tige T du poste A est remontée par le solénoïde S de ce poste, le circuit de celui-ci étant fermé comme suit :

Au poste C, fils 1, 8, plateau *e*, fil 9, plateau *a*.

Au poste B, fils 10, 13, plateau *e*, fil 14, plateau *b*, fil 15.

Au poste A, fil 15, plateau *f*, fils 16 et 17.

Le signal du poste A se met donc à voie libre, puisque les tiges T et T' ont repris leurs positions normales.

Et ainsi de suite.

Un train a donc toujours derrière lui deux signaux au rouge ; il met au rouge le signal devant lequel il passe et met à voie libre le signal antérieur.

Il est à remarquer qu'un signal ne peut débloquent derrière lui que s'il est rouge, car le rouge est obtenu par la chute de la tige T, et le déblocage par celui de la tige T'.

Or, le circuit est fermé par l'intermédiaire des plateaux *a* et *e* des tiges T et T' tombées.

Si donc le signal reste au blanc, il n'y a pas déblocage en arrière, et le train a encore deux signaux rouges derrière lui.

Voyons maintenant ce qui se passe lorsqu'un train franchit un signal rouge. Il faut d'abord remarquer que lorsqu'un train arrive devant un signal rouge, il en a au moins deux devant lui, puisqu'un train a toujours derrière lui deux signaux rouges. Comme avec le système Hall actuel, on ne contrôlera que le premier des deux signaux consécutifs au rouge, passé au rouge. La pratique a montré que cette indication était suffisante. D'ailleurs, il semble impossible qu'il en soit autrement avec le principe actuel, car du moment que le signal se met au rouge instantanément au passage du train, ce qui semble nécessaire au point de vue de la sécurité, le frotteur, qui a mis ce signal au rouge, ou le suivant, allumera en somme un signal rouge et la sonnerie du contrôleur tintera à chaque passage du signal.

Supposons un train I arrêté immédiatement après avoir franchi le signal D, et un train II franchissant au rouge le signal C.

Immédiatement avant le franchissement au rouge les positions des tiges T et T' des différents postes sont les suivantes :

	Tige T	Tige T'
Poste A	tombée	relevée
Poste B	tombée	tombée
Poste C	tombée	relevée
Poste D	tombée	tombée

Dans ces conditions, le train II en passant sur la barre γ met du courant dans le circuit de l'électro δ'' du contrôleur placé au poste D, ce circuit étant fermé comme suit :

Au poste C, fils 1, 2, 3, 18.

Au poste D, fil 18, plateau d , fils 19 et 20.

Le crochet I est attiré, le basculeur m tombe, et ferme le circuit de la pile P sur la sonnerie S'', du contrôleur, qui se met à tinter. Elle ne pourra être arrêtée, en relevant le basculeur m à la main, que lorsque le train II aura franchi complètement le signal C.

Le train II, en passant sur la barre γ laisse le signal C au rouge puisque la tige T restetombée, relève la tige T' du poste B en laissant le signal B au rouge, et débloque le signal A, puisqu'il fait tomber la tige T' du poste C.

Tout se passe donc pour les signaux A, B et C comme si le signal C était passé au blanc. La sonnerie du contrôleur du signal C seul se met à tinter.

En dernier lieu, il faut remarquer de nouveau que si un signal reste au blanc au passage d'un train, le déblocage n'a pas lieu derrière lui, puisque les tiges T et T', du poste considéré, restent relevées. Le train a donc encore derrière lui deux signaux rouges.

Le train suivant n'aura qu'à franchir ces deux signaux rouges.

Il n'y a donc, même dans ce cas, aucun danger.

Poste terminus de la gare d'arrivée. — Vu les conditions particulières d'une gare terminus côté arrivée qui comporte généralement deux voies de réception, il est nécessaire de pouvoir recevoir à volonté un train sur chaque voie, tous les trains sur la même voie, ou d'arrêter toute réception de trains afin d'exécuter une manœuvre quelconque. Le bloc automatique cesse donc à la gare terminus et l'entrée de cette gare est commandée à la main.

Une disposition spéciale de poste d'entrée de gare terminus permet de réaliser les conditions précitées.

Ce poste (E) se compose :

1° De trois pièces identiques comprenant chacune, en prenant la pièce de gauche, les mêmes organes que les postes de voie courante précédemment décrits ;

- 2° De deux sonneries S'' et S''' ;
- 3° Deux indicateurs à voyants V et V' ;
- 4° Une clef F ;
- 5° Un bouton de contact F'.

Ces divers organes sont placés à la portée de l'agent chargé de la réception des trains.

Fonctionnement. — Lorsqu'un train passe au poste C antécédent l'entrée de gare terminus, il s'annonce à cette gare par la sonnerie S'''. Le voyant V, en série avec cette sonnerie, apparaît et présente l'indication « voie » pour le signal D par le circuit fil 18, contact supérieur du plateau *d* de la tige T' du poste D, fil 29, électro H, sonnerie S''', fil 30 et retour commun ; si rien ne motive l'arrêt du train, au signal indiqué, l'agent préposé à la réception des trains place la clef F sur le plot D et appuie sur le bouton de contact F' ; le signal D se met au blanc par : fil 26 relié au rail de prise de courant, bouton de contact F', clef F, plot D, fil 27, électro H' qui fait disparaître l'indication « voie » pour le signal D, fil 10, plateau K du solénoïde S'' du poste E, fils 11 et 13, solénoïde S' dont la tige T' est de ce fait remontée. Le plateau *e* ferme de ce fait le circuit par son contact avec le fil 14, le plateau *b* de la tige T qui est tombé, le fil 15, le plateau F de la tige T' du poste D, le fil 16, le solénoïde S de ce poste dont la tige T remonte, et met le signal au blanc.

Le train en passant devant le signal D' s'annonce à nouveau par la sonnerie S'''. Le voyant V' en série avec cette sonnerie apparaît et présente l'indication « voie » pour le signal E par le circuit : fil 18, contact supérieur du plateau *b* du poste E, fil 32, solénoïde S'', dont la tige T' remonte, rompt les contacts des fils 11 et 10 et établit les contacts entre les fils 33 et 34. La sonnerie S'''' est actionnée par le circuit : contact inférieur des lampes rouges du poste E, fil 33, fil 34, électro H'', sonnerie S'''', fil 35 et retour commun. Si rien ne s'oppose à recevoir un train en gare, l'agent préposé à la réception des trains place la clef F sur le plot E et appuie sur le bouton F', le solénoïde S relève la tige T, arrête la sonnerie S'''' et met le signal E au blanc par le circuit : fil 26, bouton F', clef F, plot E, fil 28, électro H''' (qui fait disparaître

l'indication « voie » pour le signal E), fil 15, plateau I de la tige T' du solénoïde S'', fil 4, plateau f de la tige T', fil 16, solénoïde S.

Le train, en passant devant le poste E, fait tomber les trois tiges T, T', T'', ce qui rétablit, par le tableau K de la tige T'', les connexions des fils 10 et 11 pour la mise à voie libre du signal D, et coupe, par le plateau I de la tige T'', les connexions entre les fils 15 et 4 et empêche ainsi la mise à voie libre du signal E qui reste normalement au rouge tant que le signal D n'a pas été remis au blanc par la manœuvre de la clef F et du bouton F' et ensuite remis au rouge par un train.

En résumé, l'agent réposé à la réception des trains est obligé de faire, pour chaque train, la manœuvre de la clef F dans l'ordre indiqué, toute manœuvre anormale ne produisant aucun effet.

VII. — TÉLÉPHONE ET AVERTISSEURS D'ALARME

1° *Réseau téléphonique.* — Le réseau téléphonique comprend : une ligne directe entre les stations « Place de l'Étoile » et « Gare d'Orléans » ; une ligne de postes omnibus de station à station ; une ligne de postes Dardeau permettant aux stations les plus importantes (Quai de Passy — Avenue de La Motte-Picquet — Gare Montparnasse — Place Denfert-Rochereau — Place d'Italie — Gare d'Orléans), de communiquer entre elles et avec le Service central, quai de la Rapée, n° 46.

La ligne de postes Dardeau est reliée à celle des postes de même type de la ligne n° 1, au moyen d'un poste d'intercommunication situé à la station de la Place de l'Étoile ; elle est pourvue aussi d'un poste Dardeau spécial installé au Service central.

Enfin un poste Dardeau est installé dans chacune des sous-stations Denfert-Rochereau et La Motte-Picquet, et relié au réseau général des postes Dardeau des sous-stations.

Chaque poste téléphonique comprend : un microphone Bailleux avec récepteur Ader, une sonnerie du type de celles du service des Postes et Télégraphes, et un annonciateur pour chacune des directions desservies.

Les postes Dardeau sont munis, en outre, d'un appareil Dardeau avec les relais nécessaires.

2° *Avertisseurs d'alarme.* — L'installation des avertisseurs d'alarme comprend les dispositifs ci-après :

a. Un système permettant l'ouverture automatique des disjoncteurs des sous-stations, avec sonneries annonciatrices de disjonction ;

b. Des postes téléphoniques reliant respectivement les sous-stations Denfert-Rochereau et La Motte-Picquet aux stations les plus voisines (qui, dans l'espèce, portent chacune le même nom que la sous-station correspondante).

Le système permettant l'ouverture automatique des disjoncteurs des sous-stations (schéma, figure 8, pl. VI) comprend principalement :

1° Dans les centres d'alimentation : des relais avec piles et sonneries ;

2° Sur la voie : des boutons ordinaires de sonneries placés dans des boîtes en fonte plombées, avec couvercle en verre. Les boîtes sont distribuées à raison de une par gare, et de une tous les 100 mètres environ en voie courante.

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

La composition des câbles du réseau téléphonique et des avertisseurs d'alarme est identique à ceux de même destination de la ligne n° 3 ; ils sont à 8 paires entre les stations « Place de l'Étoile » et « Place du Trocadéro » : à 9 paires depuis cette dernière station jusqu'à la sous-station de La Motte-Picquet ; à 11 paires entre les sous-stations La Motte-Picquet et Denfert-Rochereau ; à 12 paires, entre cette dernière sous-station et la place d'Italie ; à 14 paires au delà jusqu'à la station « Gare de Lyon » de la ligne n° 1.

Sur toute l'étendue de la ligne, deux câbles supplémentaires ont été posés en attente.

VIII. — VOIES

a. *Voie de roulement.* — Les viaducs de Passy et d'Austerlitz n'ont pas reçu de ballast ; la voie est posée sur traverses de forme équarrie, fixées au tablier du viaduc par deux sabots en fonte

rivés sur les semelles des longerons. La traverse est calée et serrée sur les sabots au moyen de boulons, à raison de 2 par sabot, placés en diagonale et vissés dans des écrous spéciaux fixés sous le sabot ; ces boulons ont une tête identique à celle des tirefonds, de façon à pouvoir être serrés au moyen des clefs ordinaires. La traverse est sabotée en dessous pour s'encaster sur le sabot, avec interposition de semelles en peuplier. Les figures 1 à 3 (pl. VII) donnent le détail d'une pièce de fixation ainsi disposée.

Dans la construction des tabliers des viaducs de Passy et d'Austerlitz, on a ménagé des points de dilatation situés : pour le premier, à chaque extrémité de l'ouvrage et de part et d'autre de l'île des Cygnes ; pour le second, aux extrémités de l'ouvrage. Sur chacun de ces points, la Compagnie a dû établir, dans ses voies, des joints de dilatation pour chaque rail ; les abouts des rails adjacents à la jonction des parties de voies fixes et mobiles, sont taillés en biseau, suivant le patin et le champignon, et leurs âmes sont déviées sans que leur épaisseur soit diminuée. Ces abouts sont placés de manière à toujours être pris en talon par les trains en marche ; ils sont maintenus par un appareil comprenant un support et deux éclisses spéciales ; les éclisses emboîtent les âmes, et le support sert d'appui commun aux patins des deux rails (fig. 4 à 7, pl. VII).

L'about du rail fixé au tablier du viaduc est appliqué sur le support par deux boulons ; l'autre about est libre. Chaque éclisse est fixée au support par trois boulons. Tous ces boulons sont munis de plaques empêchant le mouvement des écrous et plusieurs sont goupillés.

Chaque appareil est fixé au tablier par l'intermédiaire d'une semelle en bois et d'un sabot en fonte, rivé au longeron et au platelage. La fixation de l'appareil sur la semelle en bois est faite par huit tirefonds, dont six portent sur les éclisses ; la fixation de la semelle en bois sur le sabot est réalisée par quatre boulons vissés dans des écrous spéciaux noyés sous le sabot. Cette fixation, comme celle du sabot au tablier, est analogue à celle décrite ci-dessus pour les traverses courantes

b *Rail prise de courant.* — Ce rail, profilé en T (fig. 8, pl. VII).

présente une section de 6500 millimètres carrés ; il est constitué en acier extra-doux dont la teneur maximum est, en carbone, de 1,4 gr. et, en manganèse, de 5 grammes par kilogramme.

Le rail de courant est, d'une manière générale, distribué en barres de 18 mètres reposant chacune sur cinq ou six traverses, les joints en porte-à-faux ; ceux-ci sont soudés sauf la réserve de joints libres espacés de 250 mètres dans les parties en viaduc, et de 300 mètres dans les parties en souterrain ; les joints libres sont connectés électriquement au moyen de câbles en cuivre.

A mi-distance de deux joints libres consécutifs, se trouve un point d'attache fixant de façon invariable le rail de courant à l'isolateur ; les figures 9 à 11 (pl. VII) donnent le détail du dispositif adopté. Les blocs en grès des isolateurs varient de 0,176 m. à 0,184 m. de longueur ; pour les premiers, la feuille de cuivre-G (fig. 10, pl. VII) est remplacée par une série suffisante de plaques de même épaisseur, de façon à réduire le jeu des brides d'attache.

Un dispositif spécial, représenté par les figures 12 à 20 (pl. VII) a été aussi adopté pour les joints de dilatation ; il se compose essentiellement de deux bouts de rail de 1 mètre de longueur, à section transversale modifiée de telle sorte que la juxtaposition des sections de chaque bout reproduit celle du rail de courant ; sur une longueur de 0,60 m. elles présentent respectivement un tenon et une mortaise qui les réunissent transversalement tout en permettant le glissement longitudinal de l'une sur l'autre. Enfin l'extrémité mobile de chaque bout de rail présente un plan incliné de 0,10 m. de longueur pour assurer, sans choc, le passage du frotteur de l'un à l'autre.

Le rail prise de courant repose sur les traverses par l'intermédiaire de supports-isolateurs de deux types : l'un rigide pour parties en alignement droit (fig. 21 et 22, planche VII) ; l'autre à pivot pour parties en courbes (fig. 23 et 24, pl. VII). La matière isolante est ici constituée par du grès cérame poussé, à la cuisson, jusqu'à vitrification ; son absorption maximum est de 5 p. 100 de son poids d'eau après six heures d'immersion. L'isolement minimum, mesuré sur support sec ou mouillé, est de 350 mégohms ; chaque isolateur est établi pour supporter sans détérioration une tension de 1500 volts alternatifs pendant trente

minutes. La ligne montée devait répondre à cette condition que l'isolement, mesuré sur une ou plusieurs barres du rail conducteur, ne devait pas être inférieur à 300 000 ohms par kilomètre.

Signalons ici que la soudure des rails a été faite par les procédés aluminothermiques du Dr Hans Goldschmidt, d'Essen-Ruhr, appliqués en France par M. C. Delachaux.

IX. — OUVRAGES D'AÉRATION

La Compagnie du Métropolitain a établi, sur la ligne n° 2 Sud, deux ouvrages destinés à assurer l'aération de la boucle de la place d'Italie.

Aux termes de l'article 4 paragraphe 2 de la convention annexée à la loi du 30 mars 1898, l'établissement des ouvrages de cette nature incombe à la Compagnie.

Les deux ouvrages dont il est question ici comprennent l'un et l'autre une galerie partant du souterrain et venant aboutir à une cheminée verticale laquelle débouche au niveau du sol et est surmontée d'un édicule.

La première cheminée, percée sur le plateau planté de la place d'Italie situé entre la rue Bobillot et l'avenue d'Italie (fig. 1, pl. VIII), assure l'aération de la station à quai central « Place d'Italie » établie au sommet Sud de la boucle, et des latrines établies dans la galerie réservée sous le quai de la station. Pour l'aération de la station, une galerie inclinée part des naissances de la voûte et vient aboutir à une cheminée verticale débouchant sur le sol (fig. 2, pl. VIII); l'aération de la galerie située sous le quai est assurée par une gaine verticale reliée, par une galerie inclinée partant de la voûte, à la cheminée verticale précédente; cette dernière est surmontée d'un édicule rectangulaire du type adopté en pareil cas sur les lignes en exploitation (fig. 2 et 3). Les figures 4 à 7 donnent les sections de ces diverses galeries, gaine et cheminée.

Le deuxième ouvrage, établi sous le plateau planté de la place d'Italie compris entre le boulevard de la Gare et la rue Godefroy (fig. 8, pl. VIII) sert à l'aération de la boucle elle-même. Il com-

prend une galerie inclinée partant du souterrain, un peu au-dessus des naissances de la voûte, venant aboutir à une cheminée verticale, de section rectangulaire, débouchant à l'air libre et surmontée d'un édicule identique au précédent (fig. 8 à 11).

X. — ÉVACUATION DES EAUX

La ligne n° 2 Sud comporte, on le sait, sur la rive gauche de la Seine, deux parties souterraines encadrées par trois parties aériennes. Au point de vue de l'écoulement des eaux, la Compagnie concessionnaire n'avait pas à se préoccuper de ces dernières dans lesquelles les ouvrages d'infrastructure comportaient déjà des écoulements directs à la voie publique ; il ne lui restait, pour répondre à l'article 4 de la convention de concession, qui met à sa charge le soin d'assurer l'écoulement des eaux en dehors de la période de construction de la ligne, qu'à faire le nécessaire à cet égard pour les parties souterraines qui s'étendent : la première, de la rue de Vaugirard au point de passage du boulevard Saint-Jacques, la seconde, de la rue Corvisart au point de passage du boulevard de l'Hôpital ; cette dernière comprend la boucle de la place d'Italie.

Aucun des souterrains de la ligne n° 2 Sud n'étant plongé dans la nappe aquifère, les eaux à évacuer ne sont que les eaux de lavage et les eaux de pluies reçues dans les ouvrages à ciel ouvert, aux points de passage du viaduc au souterrain et inversement.

L'étude du profil de la ligne a ainsi conduit à établir des ouvrages d'épuisement ou d'évacuation des eaux aux points définis ci-après.

La première partie souterraine de la ligne présente un point bas au droit de la rue Vaugirard. Sur ce point est établi, à l'extrémité de la tranchée ouverte du boulevard Pasteur, un premier ouvrage qui recueille : d'un côté, les eaux provenant de cette tranchée ouverte et de l'ouvrage de passage à la suite dans la direction de la place de l'Étoile ; d'un autre côté, celles provenant du souterrain jusqu'à la station « Place Saint-Jacques » exclusivement, dans la direction de la place d'Italie.

Un second ouvrage est établi à l'extrémité de la station « Place Saint-Jacques » pour recueillir les eaux de cette station, ainsi que celles de la tranchée ouverte et de l'ouvrage de passage à la suite, dans la direction de la place d'Italie.

Dans la seconde partie souterraine, la présence de la boucle de la place d'Italie, avec ses fosses de visite, rendait plus complexes les conditions d'évacuation des eaux. Un troisième ouvrage, établi en tête de la boucle dans l'ouvrage d'épanouissement du boulevard Auguste-Blanqui et un quatrième situé sur la boucle elle-même, près du boulevard précité, recueillent : d'une part, les eaux du souterrain entre la station « Rue Corvisart » et la place d'Italie ; d'autre part, celles de la partie Ouest de la boucle, entre la rue Bobillot et l'avenue des Gobelins.

Un cinquième ouvrage, construit à l'extrémité Ouest du quai central de la station « Place d'Italie » reçoit les eaux de la partie de la boucle comprise entre les rues Bobillot et Godefroy, et recevra également celles à provenir de la ligne n° 6.

Les eaux du surplus de la boucle sont ramenées, par des pentes appropriées, au souterrain du boulevard de l'Hôpital et, réunies aux eaux de ce dernier, viennent se rassembler dans un sixième et dernier ouvrage établi à l'extrémité de la station « Boulevard Saint-Marcel » et qui reçoit également les eaux de la tranchée ouverte et de l'ouvrage de passage à la suite dans la direction du pont d'Austerlitz.

Tous ces ouvrages sont, en principe, identiques aux ouvrages de même destination exécutés sur les lignes en exploitation et n'en diffèrent que par les détails résultant des circonstances locales. Il suffira donc d'indiquer ici que les trois premiers et le cinquième sont constitués par des évacuations directes dans les égouts voisins dont le niveau est inférieur à celui du radier de la ligne métropolitaine. Le quatrième, qui reçoit très peu d'eau, est formé d'un simple petit puisard que l'on vide de temps à autre au moyen d'une pompe à main. Le sixième, enfin, comprend un puisard d'une capacité de 4 mètres cubes environ, d'où les eaux sont extraites par une pompe mue électriquement et refoulées dans l'égout voisin situé plus haut que le radier du souterrain.

XI. — ACCÈS AUX STATIONS

Nous avons donné précédemment (tableau n° 3) le nombre, l'emplacement et la nature des stations de la ligne n° 2 Sud entière. De ce tableau, il ressort que les stations du tronçon de ligne qui nous occupe ici (Trocadéro-Pont d'Austerlitz), se répartissent comme suit, eu égard à leur situation par rapport au sol de la voie publique :

1° Stations en viaduc, 6 : « Quai de Grenelle », « Rue Duplex », « Avenue de La Motte-Picquet », « Place Cambronne », « Rue de Sèvres », « Rue de la Glacière ».

2° Stations souterraines, 8 : « Boulevard Pasteur », « Gare Montparnasse », « Boulevard Edgar-Quinet », « Boulevard Raspail », « Place Denfert-Rochereau », « Place d'Italie », « Rue de Campo-Formio », « Boulevard Saint-Marcel ».

3° Stations à fleur de sol, 2 : « Place Saint-Jacques » et « Rue Corvisart ».

4° Station partie souterraine, partie à ciel ouvert : « Quai de Passy ».

5° Station en viaduc, type spécial : « Gare d'Orléans ».

Nous suivrons, pour la description des accès à ces stations, la division ainsi établie.

a. STATIONS EN VIADUC. — Les accès aux stations en viaduc sont analogues, en principe, à ceux de la ligne circulaire Nord. Ils en diffèrent toutefois en ce qui concerne les installations de détail ; d'autre part, les accès aériens de la ligne n° 2 Nord n'ont fait l'objet, dans notre premier volume, que d'une description très sommaire. Il semble donc de quelque intérêt de donner ici des indications plus étendues sur ces ouvrages dont les dispositions, si simples qu'elles paraissent, n'en sont pas moins le résultat d'études parfois laborieuses.

Chaque accès comprend (fig. 1 à 8, pl. IX) : un bureau de distribution de billets, accolé à un guichet de vente de journaux et de change, et remplissant l'espace compris entre deux pylônes d'appui des poutres du viaduc ; un escalier conduisant de la voie publique

aux quais de la station ; des locaux de service, resserre et cabinets d'aisances placés sous le premier palier de l'escalier.

L'escalier est constitué de la manière suivante : une première volée centrale de 3,30 m. de largeur, ayant uniformément seize marches à toutes les stations de ce type, et aboutissant à un premier palier de part et d'autre duquel se détachent des passages conduisant aux volées latérales supérieures ; ces passages, qui ont 2,75 m. de largeur, sont de plain-pied ou en volées d'un



Fig. 13. — Accès à la station « Rue de Sèvres » en cours de construction.

nombre variable de marches, suivant la hauteur à racheter entre le sol et les quais ; enfin, les volées supérieures, situées de part et d'autre de la travée courante du viaduc précédant la station, présentent chacune deux volées secondaires de 2,75 m. de largeur, séparées par un palier.

Les bureaux de distribution des billets et les guichets de change, ainsi que les locaux de service, sont établis en pans de fer et briques ; les escaliers sont en charpente métallique et supportés par des colonnes de fonte.

L'espace compris entre les bureaux et les locaux de service est clos par des grilles avec parties ouvrantes destinées à l'entrée et à la sortie des voyageurs.

Les figures 1 à 8 (pl. IX) donnent le détail d'un accès de ce type ;

les cotes du plan d'ensemble (fig. 1) se rapportent à l'accès à la station « Rue de Sèvres » ; ceux des autres stations précitées n'en diffèrent que par le nombre de marches des escaliers et les cotes d'altitude du sol et des quais.

La figure 13 montre les accès de la station « Rue de Sèvres » en cours de construction ; elle permet de se faire une idée suffisante de l'aspect de l'ouvrage terminé.

b. STATIONS SOUTERRAINES. 1° *Dispositions générales.* — Parmi les stations souterraines énumérées ci-avant, trois sont des stations d'échange : « Boulevard Raspail », « Place Denfert-Rochereau » et « Place d'Italie », les deux premières avec la ligne métropolitaine n° 4, la troisième avec la ligne n° 6 ; leurs accès ont reçu en conséquence un plus grand développement, et un paraphe spécial est consacré plus loin à chacune d'elles. Pour les autres, les dispositions générales sont analogues à celles qui ont été adoptées sur les lignes en exploitation.

Un escalier prenant son point de départ sur la voie publique conduit le public à une salle où sont installés les guichets de distribution des billets et de change ; cette salle communique, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un couloir, avec deux escaliers qui conduisent respectivement à chacun des quais de la station. La pénétration des escaliers dans la station se fait, en général, à l'une des extrémités des quais, dans le mur pignon qui limite la station au droit de la pénétration du tunnel ; toutefois, à la station « Boulevard Edgar-Quinet » (voûtée), les escaliers pénètrent en traversant la culée ; les figures 14 et 15 permettent de comparer ces deux types de pénétration des escaliers.

L'escalier partant de la voie publique a 3,30 m. de largeur sauf à la station « Gare Montparnasse » où cette largeur a été portée à 3,70 m. en raison du trafic important que cette station est appelée à desservir, selon toutes probabilités, par suite du voisinage du chemin de fer de l'Ouest (rive gauche). Les dimensions de la salle de distribution de billets varient nécessairement avec les conditions locales, et aussi avec l'importance présumée du trafic ; en tout état de cause, l'une de ces dimensions est toujours au moins égale à 8,50 m., de façon à assurer des dégagements convenables

autour des guichets de distribution et de change, qui sont juxtaposés et couvrent une surface rectangulaire d'environ 6 mètres \times

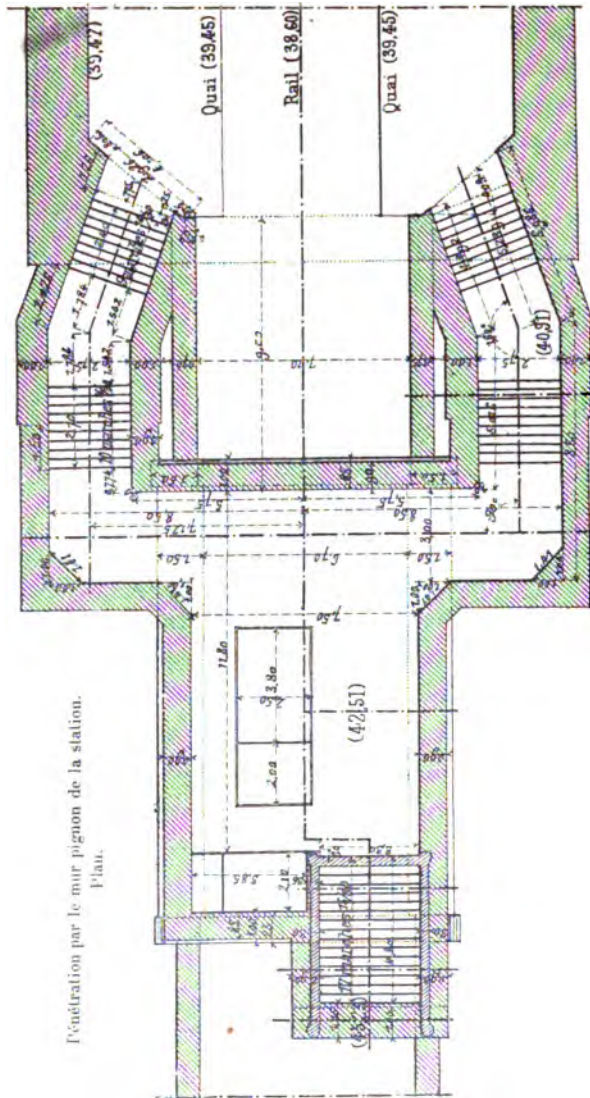


Fig. 14. — Type de pénétration des escaliers d'accès aux quais dans les stations souterraines.

2,30 m. (fig. 14 et 13). Le couloir a 3 mètres de largeur, les escaliers d'accès aux quais 2,75 m. Les marches des escaliers ont 0,16 m. de hauteur et 0,30 m. de largeur.

Les maçonneries sont identiques à celles du souterrain courant :

meulière ou béton avec mortier de ciment. Les parois verticales des salles, couloirs et escaliers ont reçu un revêtement en grès

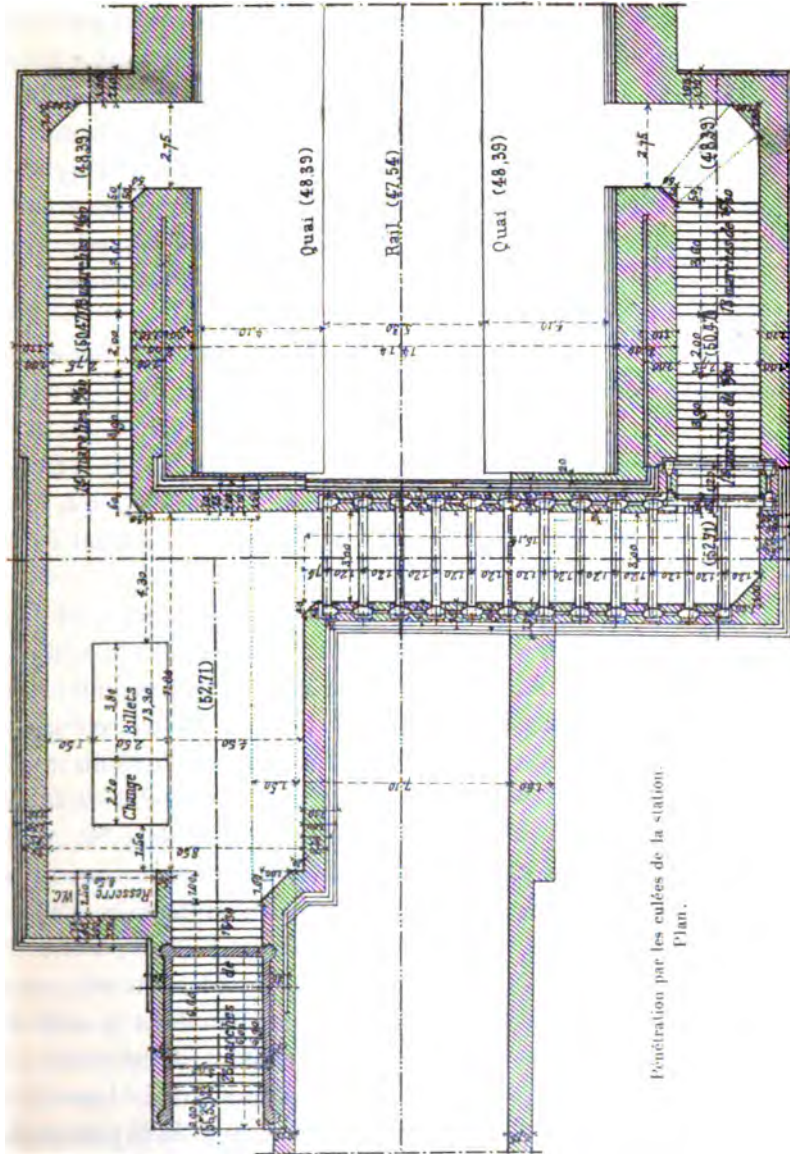


Fig. 45. — Type de pénétration des escaliers d'accès aux quais dans les stations souterraines.

cérame émaillé semblable à celui adopté pour la station correspondante; une plinthe, également en grès cérame émaillé, est établie

à la base du revêtement et une moulure en céramique, formant corniche, à la partie supérieure. Les douelles des voûtes et les plafonds sont recouverts d'un enduit laqué.

La situation des salles de distribution de billets par rapport aux stations varie suivant les conditions locales ; aux stations « Boulevard Pasteur » et « Boulevard Saint-Marcel », la salle est établie au-dessus du souterrain ; aux stations « Gare Montparnasse », « Boulevard Edgar-Quinet » et « Rue de Campo-Formio », elle est placée latéralement. Toutes ces salles sont situées sous trottoirs ou sous contre-allée ; leur couverture, non exposée aux lourdes surcharges de la circulation des voitures, est constituée par un plancher en béton armé.

La hauteur des salles de distribution est variable sans descendre, toutefois, au-dessous de 2,20 m.

2° *Stations d'échange.* — *Station « Boulevard Raspail ».* — Cette station établit l'échange avec la ligne n° 4 ; elle est accolée à la station de même nom de cette dernière ligne et l'accès est commun aux deux stations.

L'escalier d'accès, qui prend naissance sur le trottoir côté pair du boulevard Raspail, au carrefour du boulevard Edgar-Quinet, a 5 mètres de largeur libre ; il conduit à la salle de distribution de billets placée au-dessus des voies de la ligne n° 2 Sud, en avant de la station. Cette salle mesure 19,30 m. suivant l'axe du tracé, sur 10,90 m. dans le sens transversal ; sa hauteur est de 2,20 m. Sur le côté gauche de la salle s'ouvre un couloir de 6,50 m. de largeur menant à une passerelle de 3 mètres de largeur qui franchit les voies de la ligne n° 4 au-dessus du souterrain courant (fig. 9 et 10, pl. IX).

Les deux escaliers de 2,75 m. de largeur, conduisant aux quais de la ligne circulaire, prennent leur origine, l'un dans la salle de distribution, l'autre dans le large couloir dont il est parlé ci-dessus ; les deux escaliers conduisant aux quais de la ligne n° 4 partiront, l'un dudit couloir, l'autre de l'extrémité de la passerelle qui lui fait suite.

Pour faciliter les communications entre les différents quais des deux stations, une galerie spéciale, dite d'intercommunication, est

établie sous les radiers des deux stations, transversalement à l'axe de ces dernières, et réunit les quatre quais (fig. 9 et 12, pl. IX); elle est reliée à chacun de ceux-ci par deux escaliers de 1,50 m. de largeur opposés l'un à l'autre et dont la direction est parallèle à l'axe du tracé (fig. 9, 13 et 14, pl. IX).

Station « Place Denfert-Rochereau ». — Comme la précédente, la station « Place Denfert-Rochereau » est une station d'échange avec la ligne n° 4. Les accès en ont donc été étudiés pour desservir les deux lignes; toutefois, on n'a exécuté tout d'abord que les ouvrages nécessaires au service de la ligne n° 2 Sud; seul, un des couloirs de communication entre les stations des deux lignes, a été établi immédiatement, son exécution ultérieure pouvant donner lieu à de sérieuses difficultés.

L'escalier d'accès prend naissance sur le trottoir pair de la place Denfert-Rochereau, près du pavillon appartenant à la Ville de Paris, du côté de la rue Froidevaux; il a 5 mètres de largeur et conduit à la salle de distribution de billets établie, partie sous le trottoir de la place, partie sous le jardin qui entoure le pavillon de la Ville; cette salle mesure 12,50 m. de longueur sur 9,30 m. de largeur (fig. 1, pl. X); sa hauteur libre est de 2,20 m.

Au fond et à gauche de la salle s'ouvrent deux couloirs desservant, l'un, la sortie des voyageurs venant de la direction de la place de l'Étoile, l'autre, l'entrée des voyageurs se rendant dans les deux directions, ainsi que la sortie de ceux qui proviennent de la direction du pont d'Austerlitz. Le premier de ces couloirs comprend un escalier de 2 mètres de largeur aboutissant à une galerie de 3 mètres de largeur de plain-pied avec le quai de la direction pont d'Austerlitz (fig. 1 et 4, pl. X). Le second comprend une galerie de 5 mètres de largeur, suivie d'une passerelle de 3,50 m. jetée sur le souterrain de la ligne n° 4 (fig. 6, pl. X), puis d'un escalier de 3 mètres qui aboutit à une seconde passerelle de 4,50 m. de largeur, des extrémités de laquelle se détachent les deux escaliers d'accès aux quais de la station de la ligne n° 2 Sud (fig. 1, 2, 3, et 5, pl. X). L'escalier desservant le quai de la direction pont d'Austerlitz a 2 mètres de largeur; celui qui dessert le quai de la direction opposée a 4,50 de largeur.

L'escalier reliant les deux passerelles est divisé longitudinalement en deux parties dont l'une, celle qui est réservée au courant de départ, comporte deux volées d'escalier de 3,68 m. et 3,52 m. de hauteur, tandis que l'autre, réservée au courant d'arrivée, comporte trois volées de 2,88 m., 0,80 m. et 3,52 m. de hauteur. Ces volées sont disposées de façon à faire passer, au moyen d'un plancher, le courant d'entrée au-dessus du courant de sortie, et à éviter ainsi le croisement de ces deux courants inverses.

Le premier des deux couloirs dont il est question ci-dessus, celui qui dessert la sortie de la direction pont d'Austerlitz, est juxtaposé à un second couloir de 3 mètres de largeur auquel il a été fait allusion plus haut, qui doit servir à l'intercommunication des deux stations et dont l'exécution ultérieure aurait pu occasionner des désordres dans les ouvrages déjà construits.

La salle de distribution est recouverte d'un plancher en béton armé (fig. 7, pl. X). Les deux passerelles sont de même type que celles déjà établies sur les lignes en exploitation ; celle de la ligne n° 4 est recouverte d'un plancher métallique, celle de la ligne n° 2 Sud est voûtée.

Station « Place d'Italie ». — La station « Place d'Italie » est, en réalité, formée de deux stations distinctes ; l'une, à quai central, est placée au sommet de la boucle ; l'autre, du type ordinaire à deux quais latéraux, se trouve située près du point de soudure de la ligne n° 2 Sud et de la ligne n° 6 et, au point de vue de l'exploitation, fait partie de cette dernière ligne. L'accès est commun aux deux stations. Les dispositions de détail de la construction en sont assez complexes ; l'intelligence du texte qui suit est subordonnée à l'examen des dessins qui s'y rapportent (fig. 8 à 14, pl. X).

L'escalier d'accès, qui prend naissance sur le terre-plein de la place d'Italie situé en prolongement du boulevard de la Gare, du côté de l'avenue de Choisy, a 5 mètres de largeur ; il conduit à la salle de distribution des billets établie partie sous le terre-plein, partie sous la chaussée, au-dessus du souterrain qui suit la station à quai central. Cette salle mesure 17,90 m. de longueur sur 10,30 m. de largeur ; sa hauteur est de 2,35 m.

Au fond et à gauche de la salle de distribution s'ouvrent deux escaliers à angle droit, conduisant l'un à la station à quai central,



Fig. 16. — Édicule d'accès à la station « Place Saint-Jacques ».

l'autre à la station de type ordinaire. Le premier comprend deux volées séparées par un palier de 5,19 m. de longueur; la première volée a 3 mètres de largeur; la seconde, qui est métallique et qui

aboutit au quai, a 4,50 m. de largeur. Le second escalier aboutit à une passerelle établie au-dessus du souterrain, en avant de la station de type ordinaire, et de laquelle se détachent les deux esca-

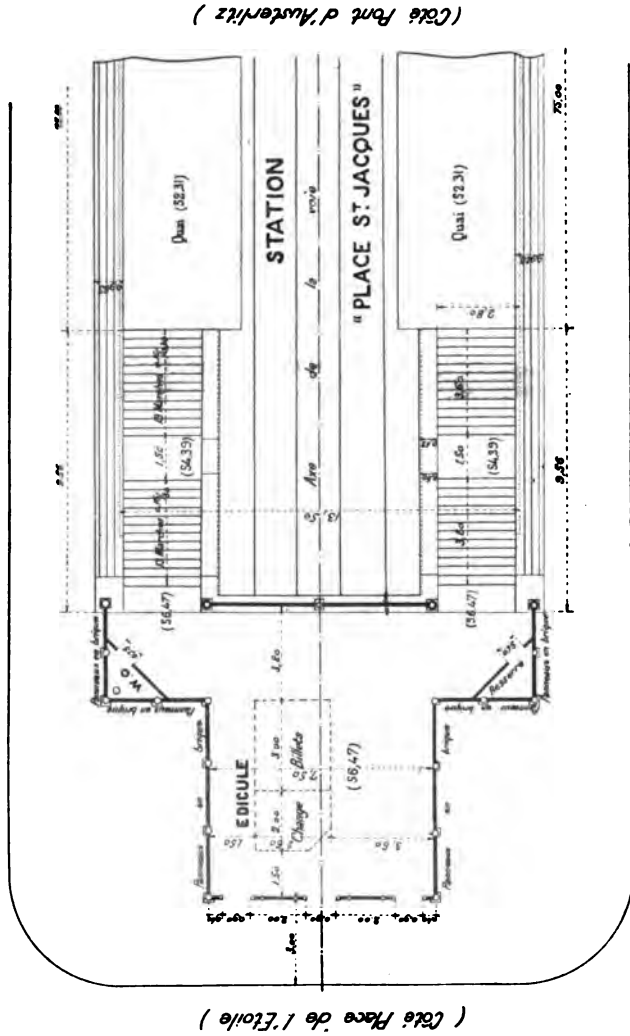


Fig. 17. (Ech. 1/250.) — Accès à la station « Place Saint-Jacques ». — Plan.

liers de 2,75 m. de largeur conduisant aux quais de cette station.

Une seconde passerelle, de 5 mètres de largeur, jetée au-dessus du palier qui sépare les deux volées du premier escalier, aboutissant au quai central, communique d'une part avec la première

passerelle par un escalier de 1,50 m. de largeur et, d'autre part, avec le fond de la salle de distribution par un couloir de 2 mètres de largeur, dégageant ainsi le courant de sortie venant de la station de type ordinaire, et permettant d'éviter tout croisement des courants de circulation.

La communication de station à station se fait par le moyen des escaliers d'accès directs et par l'intermédiaire d'un escalier de 3 mètres de largeur réunissant la première passerelle au palier de l'escalier qui aboutit au quai central.

La salle de distribution est recouverte d'un plancher en béton armé. Les passerelles sont maçonnées et voûtées ; le plancher de la seconde est en béton armé.

c. STATIONS A FLEUR DE SOL. — 1° Station « *Place Saint-Jacques* ». — Les dispositions de cet accès sont extrêmement simples. Il se compose d'un édicule placé sur le sol de la voie publique, en tête de la station, au-dessus de la tranchée couverte qui précède cette dernière ; cet édicule servant de salle de distribution des billets et composé d'un avant-corps avec deux ailes en retrait, est en pans de fer avec panneaux de briques décoratives ; la couverture est en zinc ; la figure 16 en donne une vue d'ensemble.

De part et d'autre de l'édicule se détachent deux escaliers disposés latéralement à la ligne et accédant directement aux quais de la station (fig. 17) ; ces escaliers sont protégés contre les intempéries atmosphériques par une couverture formant galerie vitrée.

2° Station « *Rue Corvisart* ». — La station « *Rue Corvisart* » est située en élévation. La salle de distribution des billets est établie au niveau de la voie publique, en avant de la station, sous l'ouvrage de passage du souterrain au viaduc ; sa longueur axiale est de 13,95 m., sa largeur minimum 6,71 m. et sa hauteur libre 2,19 m. Elle comporte sur chaque face latérale deux baies de 2,20 m. de largeur ; sur la façade Sud, ces baies sont libres et peuvent servir au mouvement des voyageurs ; sur la façade Nord, l'une des baies seulement est libre, l'autre est disposée en fenêtre pour servir à l'éclairage de la salle.

Du fond de la salle part, de chaque côté de la ligne, un escalier ascendant de 2,75 m. de largeur menant à chacun des quais.

Les figures 1, 2 et 3 (pl. XI), donnent en plan, élévation et coupe transversale, les dispositions de l'ouvrage (toutefois, la figure 2 n'indique ni le garde-corps qui surmonte l'ouvrage de passage, ni le mur fermant latéralement la station à droite du pylône).

d. STATION « QUAI DE PASSY ». — La station « Quai de Passy » présente des dispositions tout exceptionnelles dues à sa situation topographique ; elle est placée au point où la ligne n° 2 Sud sort des coteaux de Passy, dans la rue Alboni.

L'entrée en est établie sur le palier existant à mi-hauteur de l'escalier faisant partie de la voie publique et longeant la station au Nord de celle-ci. En ce point est placé un édicule contenant le guichet de distribution des billets et la bibliothèque. L'entrée dans la station se fait d'un côté de l'édicule ; de l'autre côté a lieu la sortie des voyageurs provenant du quai contigu. (Voir le plan fig. 1, pl. XII.) Le passage du quai Nord au quai Sud est assuré par une passerelle inférieure passant sous les voies et pourvue à ses extrémités d'escaliers la reliant à chacun des quais (fig. 2 à 5, pl. XII). La sortie des voyageurs du quai Sud s'effectue par une porte ménagée dans la grille de clôture de la station, à hauteur du palier de l'escalier Sud symétrique du palier Nord où est établi l'édicule d'entrée.

e. STATION « GARE D'ORLÉANS ». — Comme on le verra plus loin (ouvrages spéciaux), la station métropolitaine dite « Gare d'Orléans » a été établie, sur la demande même de la Compagnie des Chemins de fer de Paris à Orléans, à l'intérieur du hall de la gare de Paris-Austerlitz, au-dessus des voies du chemin de fer d'Orléans.

Elle comporte, à chacune de ses extrémités, des ouvrages d'accès permettant l'échange des voyageurs en provenance ou à destination des lignes de la Compagnie d'Orléans, tout en assurant aux voyageurs ordinaires un accès direct à la station métropolitaine (fig. 6, pl. XII).

Lesdits accès sont établis à l'intérieur même des bâtiments d'arrivée et de départ de la gare de Paris-Austerlitz, lesquels ont été modifiés et aménagés en conséquence. L'entrée s'effectue par

des baies pratiquées dans les façades de la gare : du côté Étoile, sur la cour d'arrivée ; du côté Austerlitz, sur la cour du départ. Les deux accès affectent les mêmes dispositions essentielles et il suffira de décrire l'un d'eux, par exemple celui du côté Étoile ; c'est à ce dernier que se rapportent les figures 7 à 9 (pl. XII).

Un vestibule, de plain-pied avec le trottoir régnant devant le bâtiment de l'Orléans, donne accès à deux escaliers de 2,75 m. de largeur qui, après s'être retournés à angle droit, conduisent par une seconde volée à la salle de distribution des billets. Cette salle, qui mesure 13,50 m. de longueur sur 8,97 m. de largeur et 2,50 m. de hauteur, est établie sur un plancher métallique placé à peu près à mi-hauteur entre le sol du vestibule et le niveau des quais de la station. De cette salle, deux escaliers de même largeur que les précédents, superposés respectivement à ces derniers et composés chacun de deux volées, conduisent à chacun des quais de la station.

Ces divers escaliers sont en charpente métallique ; les paliers placés aux changements de direction sont en béton armé. Le plancher de la salle de distribution des billets est constitué par un tablier formé de poutres en fer reliées entre elles par des voultins en briques. Le reste est exécuté en pans de fer et briques, avec parties vitrées, et mis en harmonie avec les bâtiments de l'Orléans où ils sont établis.

f. EMBLEMES DES ACCÈS. — Comme pour les lignes déjà exploitées, l'emplacement des débouchés, sur la voie publique, des accès aux stations, a été déterminé après étude attentive, par les services municipaux, des conditions locales propres à chaque station et aux besoins du trafic qu'elle était appelée à desservir. A ce dernier point de vue, nous avons fait remarquer plus haut que les escaliers de plusieurs stations importantes avaient reçu des largeurs atteignant 5 mètres.

Aux termes de l'article 11 paragraphe 3 du cahier des charges de la concession, les emplacements des accès doivent, autant que possible, être choisis sur la voie publique. Pour la ligne n° 2 Sud, cette règle n'a subi d'autre exception que celle des accès de la station « Gare d'Orléans » situés, comme il a été dit, dans les bâti-

ments de la gare Paris-Austerlitz des chemins de fer d'Orléans ; cette exception a été faite pour faciliter l'échange des voyageurs entre la ligne métropolitaine et les lignes de la Compagnie d'Orléans.

En dehors des accès présentant des dispositions spéciales et qui ont été passés en revue, on a utilisé les plateaux et contre-



Fig. 18. — Vue des accès à la station « Rue Corvisart ».

allées des boulevards extérieurs suivis par le tracé de la ligne et qui, en raison de leur largeur, se prêtaient parfaitement à ces installations.

g. ÉDICULES ET ENTOURAGES. — Les accès aux stations aériennes de type normal ont été complètement décrits plus haut ; il en est de même pour les stations de type spécial : « Quai de Passy », « Place Saint-Jacques », « Rue Corvisart », « Gare d'Orléans ». Nous ajoutons à ces indications la vue de l'entrée des accès à la station « Rue Corvisart » (fig. 18).

Pour les stations souterraines, on a employé le modèle d'entourage déjà usité sur les lignes en exploitation, comprenant un socle en pierre dure, une balustrade avec cartouches en fonte ornée, et un portique avec inscription et lanternes.

XII. — TOITURES DES STATIONS AÉRIENNES

Ainsi qu'il a déjà été fait pour la ligne circulaire Nord, la Compagnie du Chemin de fer Métropolitain a appliqué un dispositif propre à mettre à l'abri des intempéries les voyageurs séjournant,



Fig. 19. — Type de couverture d'une station en viaduc de la ligne circulaire Nord.

pour attendre le train, sur les quais des stations en viaduc de la ligne n° 2 Sud. Toutefois, les dispositions adoptées dans ce but sur chacune de ces lignes diffèrent assez notablement.

Sur la ligne circulaire Nord, chaque quai est recouvert par une marquise munie d'un lambrequin descendant à peu de distance (0,587 m.) de la partie supérieure des voitures ; les voies demeurent à découvert¹. Sur la ligne n° 2 Sud, la station est recouverte en entier par une toiture métallique vitrée ; les figures 19 et 20 montrent l'intérieur d'une station en viaduc de chaque ligne et permettent de se rendre compte exactement des dispositions adoptées dans chacun des deux cas. Toutefois, une troisième disposition a été appliquée à la station « Quai de Passy », formant

¹ Voir tome I, page 177.



Fig. 20. — Type de couverture d'une station en viaduc de la ligne n° 2 Sud.



Fig. 21. — Couverture des quais de la station « Quai de Passy ».

une variante du type de marquises de la ligne circulaire Nord ; ici, la marquise est supportée, du côté des voies, par une file de colonne en fonte et le lambrequin n'existe pas (fig. 21).

Normalement, les toitures des stations aériennes de la ligne n° 2 Sud sont constituées par des fermes complètes reposant sur les poutres de rive de la station, et surmontées d'un lanterneau (fig. 20). La hauteur des fermes est de 3,75 m. aux piédroits et de 6,55 m. sur l'axe du tracé. L'ensemble de la construction est divisé, sur la longueur de la station, en cinq travées de 15,09 m. correspondant aux travées de l'infrastructure ; dans chaque travée, outre les deux fermes extrêmes, il y a deux fermes intermédiaires espacées de 4,80 m. d'axe en axe.

Les parois verticales entre les fermes sont en pans de fer et briques avec soubassement en céramique. Du côté intérieur de la station, ces parois sont disposées pour l'affichage ; du côté extérieur, les briques sont de couleurs variées et disposées ornementalement ; les figures 4 et 5 de la planche XI donnent respectivement l'ensemble et le détail de cette décoration pour une travée.

XIII. — ATELIERS DITS « D'ITALIE »

Les ateliers dits « d'Italie », situés rue Abel-Hovelacque, en face de l'avenue Sœur-Rosalie (près la place d'Italie), sont destinés à l'entretien du matériel roulant des lignes n° 2 Sud et 3.

Leur but diffère un peu de celui des ateliers de Charonne et de Saint-Fargeau en ce qu'ils assurent seulement (indépendamment de l'entretien courant des trains et des voitures de remorque) le petit entretien des voitures motrices. Les grosses réparations de ces dernières sont faites soit par les ateliers de Charonne, soit par les ateliers de Saint-Fargeau.

Le bâtiment situé juste en face de la sortie du souterrain, comprend un atelier de levage et de montage (fig. 22 — A), un atelier de peinture (B) et un atelier de forge (C) ; il comporte, en outre, une salle de douches (D), la salle de chauffe destinée au chauffage des ateliers et du four à sable, enfin le four à sable (E). L'atelier de levage est muni d'un pont roulant de 5 tonnes ; l'accès des voitures

est assuré par un réseau de quatre voies et un pont tournant de 14 mètres de diamètre qui permet en même temps, pour la formation des trains, de tourner les voitures qui n'ont pu effectuer cette manœuvre dans la boucle de la place d'Italie.

Cet atelier de levage est destiné à l'entretien des voitures de remorque et aux réparations peu importantes des voitures motrices.

L'atelier de peinture permet la réfection de la peinture de toutes les voitures de remorque circulant sur les deux lignes.

A droite, se trouvent deux grands halls de lavage (F) et de remisage (G) comprenant 12 voies dont 9 sur fosses. C'est sur ces dernières que se font l'entretien, le lavage et la visite périodique des trains. Les autres voies servent de remisage pour des voitures isolées.

Un groupe secondaire de bâtiments (H), à droite de l'entrée du tunnel, comprend les bureaux, l'atelier du bourrelier, le sous-magasin, de petits ateliers de menuiserie, d'ajustage et de machines-outils, enfin un poste de transformation électrique.

Ce dernier est muni de deux transformateurs de 24 kilowatts recevant le courant à 5 000 volts et le distribuant à 110 volts pour l'éclairage des ateliers et d'une salle annexe où se trouvent les interrupteurs des trolleys.

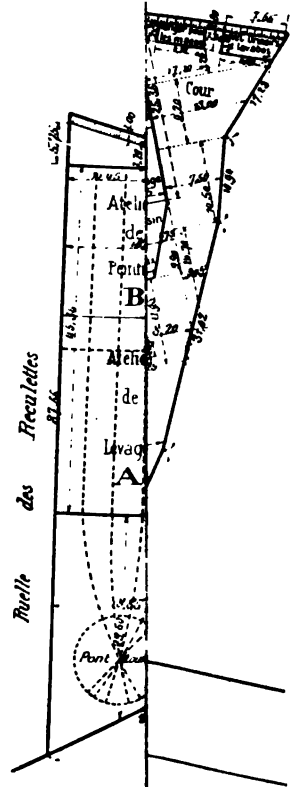
Un magasin aux huiles et pétroles complètement isolé (J) pour éviter tout danger d'incendie, est rattaché au service du sous-magasin.

Le dernier groupe de bâtiments est constitué par les petits ateliers du Service de la Voie et des Accès, les bureaux de ce Service, le réfectoire des Ateliers, enfin le bâtiment d'entrée servant de logement au concierge.

Le tout occupe une superficie de plus d'un hectare (environ 12 000 mètres carrés).

XIV. — OUVRAGES SPÉCIAUX

a. *Station « Quai de Passy ».* — Cette station présente un cas unique sur le réseau métropolitain. Située précisément au point où la ligne n° 2 Sud sort de terre, à mi-flanc du coteau de Passy,





pour devenir aérienne dans la traversée de la Seine et de la plaine de Grenelle, elle offre une combinaison de trois types d'ouvrages répartis sur autant de parties d'importance sensiblement égale : tranchée couverte sur 23,90 m., tranchée ouverte sur 22,04 m. et viaduc sur 29,69 m. D'autre part, elle n'affecte pas en plan, comme les stations ordinaires en alignement droit, la forme d'un rectangle régulier : ses extrémités sont, en effet, disposées obliquement à l'axe du tracé (fig. 1, pl. XIII). Cette obliquité, qui atteint un angle de $73^{\circ} 40'$ à l'aval de la station, a eu pour conséquence de donner aux deux quais des longueurs différentes : 76,09 m. pour l'un, 75,04 m. pour l'autre ; elle a été nécessitée du côté amont par la position de la station par rapport aux immeubles voisins de la rue Alboni, du côté aval par l'obligation d'implanter les colonnes de support parallèlement à l'alignement Ouest-Est du square Alboni, de façon à laisser libre la chaussée qui borde dans ce sens ledit square.

Il convient de noter ici une circonstance particulière. La largeur de la rue Alboni n'était que de 15 mètres, inférieure à celle d'une station ; rappelons que cette largeur hors-œuvre est de : station à plancher métallique, 16,50 m. ; station voûtée, 18,14 m. ; station en viaduc, 13,50 m. entre axes des poutres de rives, non compris les saillies des appuis, pylônes ou colonnes. On ne pouvait donc songer à établir la station dans les parties extrêmes de la rue Alboni bordées d'immeubles importants qu'il eût fallu exproprier. Heureusement, la partie moyenne de ladite rue se trouvait correspondre à la traversée du square Alboni sur une longueur précisément égale à celle nécessaire à l'établissement de la station ; il suffisait dès lors d'acquérir, dans l'étendue de cette traversée et de part et d'autre de la ligne, deux zones de terrain de largeur suffisante. D'autre part, la construction de la station entraînait la disparition de l'ancien escalier occupant l'axe du square et mettant en communication les parties haute et basse de la rue Alboni ; il importait d'assurer le maintien de cette communication et, à cet effet, il fut décidé d'établir deux escaliers longeant, de part et d'autre, la station. La largeur de l'emprise totale fut ainsi portée à 25 mètres, comportant l'acquisition, par la Ville, de deux bandes de 5 mètres prises de chaque côté sur les terrains du square. La

figure 1 (pl. XIII) montre, en plan, l'ensemble de ces dispositions.

Le sol de la rue Albani étant formé de remblais sans cohésion, la station dut être établie sur un système de fondations venant s'appuyer sur le terrain solide et descendant, à l'origine de la station, jusqu'à 19,90 m. au-dessous du sol de la voie publique. Pour la partie en tranchée couverte, ces fondations se composent

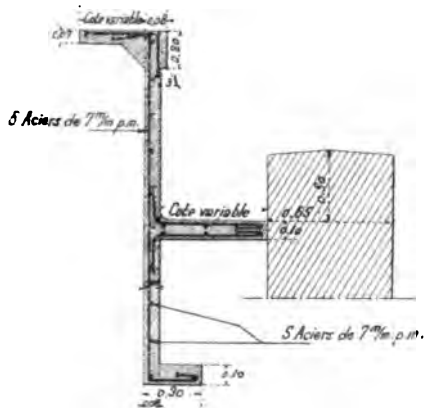


Fig. 23.

de trois files de puits dans le sens longitudinal; dans les deux files extérieures, correspondant aux culées, les puits ont reçu une section rectangulaire de 1,72 m. sur 1,50 m.; dans la file du milieu, ils sont circulaires, d'un diamètre de 1,50 m. et surmontés d'un socle rectangulaire de 1,72 m. sur 1,50 m.; tous ces puits sont reliés entre eux par des voûtes de décharge en arc de cercle d'une portée de 3 mètres dans

le sens du tracé de la ligne, de 6 mètres dans le sens transversal, et de 1 mètre de flèche (fig. 1 et 2, pl. XIII); le tout forme un système de voûtes d'arêtes soutenu par quinze puits et buté par une voûte de 3 mètres contre les fondations du mur pignon de tête de la station.

La première partie de la tranchée ouverte, comportant des murs latéraux supportant les deux escaliers, est également fondée sur voûtes reposant, d'une part sur les trois derniers puits de la tranchée couverte, d'autre part sur trois autres puits disposés perpendiculairement à la ligne, à 10 mètres d'axe en axe des premiers. La deuxième partie, composée uniquement des quais et du radier de la voie, est fondée simplement sur pieux reliés entre eux par des fers disposés en quadrillage qui constituent un véritable radier en béton armé (fig. 1 et 3, pl. XIII).

Le mur de soutènement qui sert d'appui à la tête de la partie en viaduc, ainsi que les murs soutenant la partie inférieure des escaliers latéraux entre le palier central et le pied, reposent encore

sur puits avec voûtes de décharge. Les colonnes, au nombre de huit réparties en deux files parallèles, reposent par l'intermédiaire de socles en pierre de taille de 2,50 m. \times 2,50 m. \times 0,80 m. sur deux massifs en béton de 1,30 m. d'épaisseur dans lesquels sont noyées les têtes de pilots battus au refus et reliés entre eux, à leur sommet, par une armature métallique (fig. 1 et 4, pl. XIII). Cette partie de la station forme deux travées comprenant quatre cours de poutres. L'origine des poutres de la première travée repose sur le mur de soutènement (poutres intérieures) et sur les abouts des murs latéraux aux escaliers (poutres extérieures) ; leur autre extrémité, ainsi que les poutres de la deuxième travée, tant intérieures qu'extérieures, reposent sur les huit colonnes précitées. Ces colonnes sont en fonte, du modèle usité pour les stations aériennes normales¹.

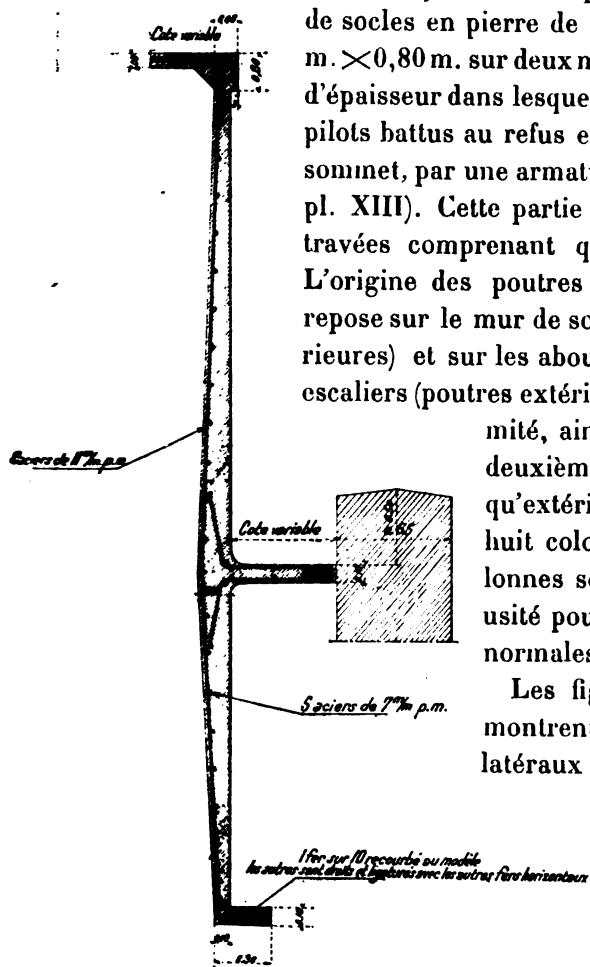


Fig. 24.

Les figures 6 et 7 (pl. XIII) montrent la disposition des murs latéraux soutenant les escaliers ; ces murs sont surmontés d'une grille analogue à celle adoptée pour les ouvrages dits de passage et ornés, à leurs extrémités haute et basse, de motifs décoratifs dont le détail est donné par les figures 8 et 9 de la même planche.

Les escaliers se trouvant en contre-bas du sol du square sur des hauteurs variables atteignant jusqu'à 3 mètres, et l'emprise des ouvrages étant limitée à sa largeur de 25 mètres comme il a été dit plus haut, il fallait soutenir les terres du square par un

¹ Voir t. I, chap. III, § IV, 3^e.

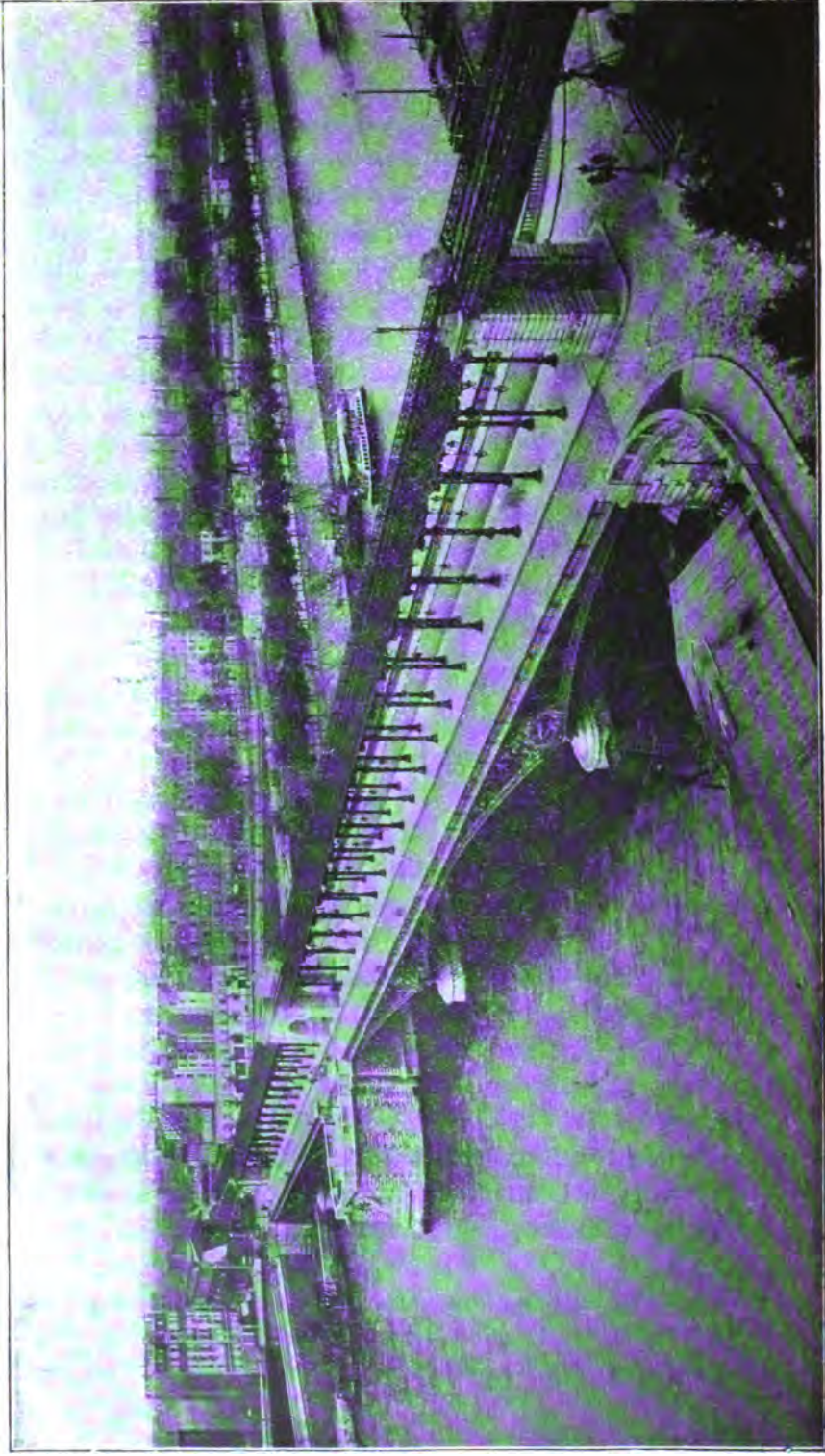


Fig. 25. — Viaduc de Passy. Vue d'ensemble.

mur de soutènement ; en maçonnerie, cet ouvrage eût exigé un empattement relativement considérable qu'on eut l'idée de réduire à quelques centimètres en recourant au ciment armé. Le mur ainsi établi sur le projet du constructeur, M. Piketty, présente dans son ensemble la forme d'un fléau de balance placé verticalement et dont le support est buté sur la maçonnerie de fondation de chaque escalier en prenant appui sur le bahut portant la grille extérieure de ce dernier. La section de ce mur varie suivant la hauteur de terres à soutenir ; cinq types ont été ainsi employés dont deux sont représentés par les figures 23 et 24 ci-dessus ; ces derniers correspondent aux deux modèles essentiels ; l'un avec renforcement extérieur, pour les grandes hauteurs, l'autre de section rectangulaire simple pour les faibles hauteurs.

b. *Viaduc de Passy*. — Le viaduc de Passy, l'ouvrage le plus considérable de la ligne n° 2 Sud, franchit obliquement la Seine, de la rue Alboni au boulevard de Grenelle, en coupant l'extrémité amont de l'île des Cygnes (fig. 25). On n'avait tout d'abord envisagé que l'établissement d'un viaduc destiné au chemin de fer, avec un passage de piétons destiné à remplacer l'ancienne passerelle de Passy située précisément à l'emplacement du viaduc projeté. Mais, par délibération du 18 janvier 1902, le Conseil municipal de Paris décida qu'au viaduc serait associé un pont charretier ; l'utilité de ce dernier était d'autant plus grande qu'aucune autre communication charretière n'existe entre les quartiers de Passy et de Grenelle, depuis le pont d'Iéna jusqu'au pont de Grenelle, c'est-à-dire sur une longueur de 1 400 mètres.

Nous avons dit précédemment qu'en raison de l'importance et de la nature de l'ouvrage, l'exécution de ce dernier, en ce qui concerne la partie métallique, avait été mise au concours par la Ville de Paris qui retint finalement le projet présenté par MM. Daydé et Pillé, constructeurs à Creil. Les travaux de fondations et maçonneries, nettement distincts des précédents, avaient été, d'autre part, mis en adjudication et confiés, en suite, à MM. Gonchon et Juste, entrepreneurs.

L'ouvrage franchit successivement, en partant de la rive droite, le grand bras de la Seine, l'île des Cygnes et le petit bras, formant

un angle de 75° avec la direction du fleuve (fig. 26). Il est constitué par deux ponts correspondant à chacun des bras de la Seine réunis par un ouvrage spécial en maçonnerie établi sur l'île. La longueur du tout, entre appuis sur chacune des rives, est de 237,16 m.

Indépendamment de divers dessins de détails, et pour la clarté

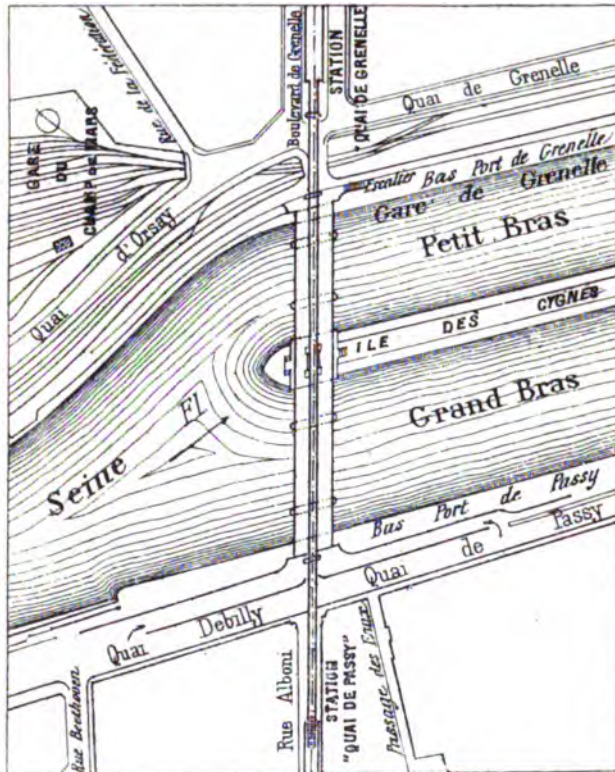


Fig. 26. — Viaduc de Passy. — Plan de situation.

des explications qui suivent, nous donnons les dessins d'ensemble ci-après (planche XIV).

Fig. 1. — Élévation générale du viaduc, y compris : les travées d'approche en viaduc courant de la rue Alboni (rive droite), l'ouvrage de l'île des Cygnes, la travée spéciale à « béquilles », contiguë au viaduc sur la rive gauche et franchissant les voies du chemin de fer de l'Ouest (ligne des Moulineaux).

Fig. 2. — Plan général, vu en dessus, des ouvrages et correspondant à l'élévation générale ci-dessus ; sur ce plan figurent, en

amorce, les rampes d'accès mettant en communication les quais de rive droite et de rive gauche avec le pont charretier.

Fig. 3. — Coupe transversale suivant *ab*, de la figure 1, c'est-à-dire sur l'axe de la travée de liaison du grand bras, montrant les fermes qui constituent l'ossature métallique du pont charretier, les colonnes de support du viaduc supérieur et l'élévation transversale de l'ouvrage de l'île des Cygnes.

Fig. 4. — Coupe transversale analogue à la précédente, mais prise suivant l'axe de l'une des piles du grand bras (*cd*, du plan fig. 1).

Nous allons passer en revue successivement les diverses parties de l'ouvrage ainsi défini.

Pont charretier. — L'ossature du pont charretier présente, sauf en ce qui concerne les dimensions, des dispositions identiques pour les traversées des deux bras de la Seine. Elle est formée de dix fermes longitudinales en acier, en forme apparente d'arc, réparties sur la largeur de l'ouvrage. Le type de ferme adopté est celui dit « cantilever » ; dans l'espèce, chaque ferme forme trois travées, ce qui correspond, outre les appuis de rive, ou culées, à deux appuis en rivière. Les parties en demi-arcs comprises entre les rives et les piles sont dites « culasses » ; elles se prolongent en porte-à-faux, sous le nom de « volées », dans la travée entre piles, où leurs extrémités sont réunies par une petite travée indépendante dite « de liaison ». Ce système, dans lequel le poids des culasses fait équilibre aux surcharges des volées, a l'avantage d'éviter les poussées obliques sur les appuis ; ceux-ci n'ont à résister qu'à des pressions verticales et peuvent, par suite, recevoir des dimensions relativement réduites, faculté précieuse lorsqu'il s'agit, comme ici, d'ouvrages en rivière ou plongeant dans une nappe aquifère et exigeant l'emploi de l'air comprimé. On verra aussi plus loin (exécution des travaux), que la même disposition a encore permis d'effectuer le montage de la partie centrale sans qu'il fût besoin d'échafaudages en rivière. La figure 27 donne le schéma de l'ensemble.

Les fermes reposent sur les piles P et P' par l'intermédiaire d'appuis fixes à rotule ; l'extrémité de rive de chaque culasse

repose sur la culée correspondante au moyen d'appuis mobiles à rotules R, R', permettant le jeu de la dilatation.

Enfin, la travée de liaison est fixée aux extrémités des volées, d'une part, en M, au moyen d'une rotule, d'autre part, en N, par des rouleaux à dilatation ; ces derniers appareils sont masqués par les fermes de rive purement décoratives, de telle sorte que l'ensemble des volées et de la travée de liaison présente absolument l'apparence d'un arc continu.

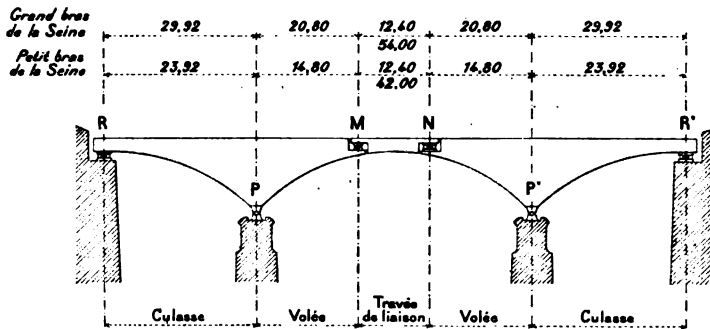


Fig. 27. — Viaduc de Passy. — Schéma de l'ossature du pont charretier.

La figure 27 donne les positions relatives et les dimensions pour chaque bras de la Seine, des parties essentielles des fermes qui viennent d'être décrites ; dans le sens transversal, elles sont réparties comme suit :

Distance entre les fermes A et B (fig. 3, pl. XIV) .	1,300 m.
— — — B et C	3,3625 —
— — — C et D	3,3625 —
— — — D et E	1,525 —
— — — poutres E et l'axe du viaduc. .	2,20 —

La figure 3 (pl. XIV) montre le rôle de chacune d'elles : les fermes de rive (A) ne portent que les trottoirs et remplissent plutôt un but décoratif ; les fermes B, C et D portent les tabliers sous-chaussées ; enfin les fermes E servent d'appui aux colonnes supportant le tablier supérieur ; leur composition varie en conséquence tout en demeurant analogue dans ses lignes essentielles. Chaque ferme, sauf celles de rives, comprend deux membrures : l'une, supérieure, est rectiligne ; l'autre, inférieure, est en forme d'arc. Chacune d'elles est formée de deux flasques en tôle de 0,008 m. placées dans

le sens vertical : ces flasques, espacées de 0,40 m., sont réunies à leurs extrémités hautes pour les membrures supérieures, basses pour les membrures inférieures, par une ou plusieurs semelles de 0,009 m. La hauteur des flasques est de 0,40 m. pour les fermes B et C, de 0,73 m. pour les fermes D et E; chaque tôle est munie, haut et bas, de cornières d'angle de $\frac{100 \times 100}{10}$ placées extérieurement. Les deux membrures sont réunies par une triangulation de montants et des diagonales simples formant panneaux en N, et constitués par des tôles de 0,08 m. renforcées à l'aide de cornières. Dans les parties extrêmes des fermes, les deux membrures se confondent en une seule formée d'une tôle renforcée de cornières remplissant le rôle de montants et diagonales. La figure 5 (pl. XIV) donne le détail des fermes C du petit bras, pour la partie correspondant à la culasse et à la volée, et est complétée par les figures 6 et 7 (pl. XIV) montrant le diagramme de la ferme entière, d'une rive à l'autre dudit bras.

Sur chaque bras, les extrémités des volées sont réunies, comme il a été dit, par une travée de liaison (fig. 27).

La jonction s'opère, d'un côté (point M) par un appareil d'appui fixe à rotule, de l'autre (point N) par un appareil à dilatation. La figure 1 (pl. XV) donne le détail de chacun de ces points de jonction pour les fermes B et C du pont sur le petit bras de la Seine.

Les membrures des poutres de rive sont simples et réunies seulement par des montants verticaux revêtus de tôles décoratives.

Les fermes sont reliées deux à deux par des entretoises supérieures en \mathbf{I} , supportant les trottoirs et les chaussées, et par des entretoises inférieures en \mathbf{L} et des croix de Saint-André formées de cornières rivées sur des goussets assemblés sur les entretoises et sur les fermes.

Dans la travée centrale de chaque bras, les chaussées sont supportées par des tôles cintrées, à convexité inférieure, assemblées d'une part sur les semelles des membrures supérieures des fermes, d'autre part sur des longerons intermédiaires assemblés sur les entretoises. Les trottoirs et le plateau central reposent sur des tôles planes supportées par de légers longerons en \mathbf{C} assemblés également sur les entretoises.

Afin d'augmenter le poids relatif des culasses et d'assurer la stabilité dans le cas de surcharge maximum de la travée centrale, on a substitué au platelage ci-dessus, sous les chaussées des culasses, des voûtelettes en briques reposant sur des entretoises espacées de 1,50 m., assemblées sur les membrures supérieures des fermes. Pour les trottoirs, on a eu recours au même platelage que dans la travée centrale.

La figure 8 (pl. XV) donne un plan général de l'ossature métallique du pont charretier qui permet de synthétiser les explications ci-dessus.

Dans toute l'étendue du pont, les chaussées sont revêtues d'un pavage en bois sur fondation en béton de 0,16 m. d'épaisseur dans les travées centrales et de 0,26 m. au-dessus des culasses; les trottoirs sont formés d'un enduit en bitume coulé sur béton.

La largeur totale de l'ouvrage, entre axes des garde-corps, est de 24,70 m. répartis comme suit :

2 trottoirs latéraux de 2,00 m.	4,00 m.
2 chaussées de 6,00 m.	12,00 —
1 plateau central	8,70 —
Total.	<u>24,70 m.</u>

Les trottoirs sont bordés, du côté du fleuve, par un garde-corps à balustres en fonte ornée, divisé en panneaux de 3,00 m. séparés par des pilastres également en fonte (fig. 9 et 10, pl. XV).

Viaduc supérieur. — Le viaduc supérieur, destiné exclusivement au passage du chemin de fer, est formé de deux ouvrages, identiques en leurs dispositions essentielles, correspondant à chacun des deux bras de la Seine et séparés par l'île des Cygnes; leurs longueurs respectives sont de 122 mètres pour celui du grand bras et 98 mètres pour celui du petit bras.

Chacun d'eux se compose, en principe, d'un tablier supportant la voie ferrée et reposant sur deux files de colonnes prenant appui sur le tablier du pont charretier (fig. 3, pl. XIV).

Les colonnes d'appui, en acier laminé, présentent la forme de colonnettes évasées à leur partie supérieure et offrent un cachet de légèreté et d'élégance très remarquable; le détail de leur composition est donné par les figures 11 à 17 (pl. XV) tandis que les

figures 28 et 29 permettent de se faire une idée suffisante de la façon dont elles concourent au bon aspect général du viaduc. (Au premier plan et à droite on voit le piédroit Nord de la travée à « béquilles » qui sera décrite plus loin et qui fait suite immédiatement au viaduc sur la rive gauche de la Seine.)

Les colonnes, espacées de 6 mètres d'axe en axe dans le sens



Fig. 28. — Viaduc supérieur. Vue générale, prise de la rive gauche de la Seine.

longitudinal, sont disposées en deux files parallèles, distantes de 4,40 m. et reposent sur les fermes centrales du pont charretier (fig. 3, pl. XIV); leur disposition en plan présente une particularité qu'il convient de signaler. On a vu que le tracé du viaduc forme un angle de 75° avec la direction du fleuve qu'il franchit ainsi avec une obliquité assez sensible. Or, tandis que les entretoises du pont charretier sont disposées dans le sens même du fleuve, les colonnes du viaduc supérieur sont placées deux à deux normalement au tracé du pont, de manière à établir à angle droit les quatre consoles qui, au sommet de chaque colonne, supportent les entretoises et les longerons du tablier supérieur; il en résulte que les colonnes ne reposent pas sur les membrures supérieures des fermes du pont charretier aux points d'assemblage des montants de ces dernières,

mais à une distance constante de ces points ; cette distance est de 0,552 m., à droite pour la file amont, à gauche pour la file aval (la droite et la gauche étant ici celles du spectateur regardant le viaduc de l'amont du fleuve vers l'aval). Cette particularité est indiquée par la figure 18 (pl. XV) qui représente le plan diagramme des colonnes pour le viaduc supérieur du petit bras.

Le tablier lui-même est formé d'entretoises transversales assemblées, à chaque extrémité, à la partie supérieure des colonnes (fig. 19, pl. XV) et par suite distantes, comme ces dernières, de 6 mètres d'axe en axe dans le sens du viaduc. Chaque travée ainsi formée est divisée en deux parties égales par une entretoise intermédiaire (fig. 20, pl. XV). Ces diverses entretoises sont prolongées à chacune de leurs extrémités par une console sur laquelle est assemblé le longeron de rive supportant le garde-corps ; par suite de leur assemblage sur les têtes des colonnes d'appuis, elles se trouvent placées normalement à l'axe du viaduc (voir ce qui vient d'être dit plus haut sur l'implantation des colonnes).

Les entretoises supportent six cours de longerons de trois types différents : le premier (fig. 21, pl. XV) s'applique aux longerons placés au-dessus des colonnes d'appui, c'est-à-dire au-dessous des rails extérieurs de la voie ferrée ; le deuxième (fig. 22, pl. XV) aux deux cours de longerons intermédiaires correspondant aux rails intérieurs ; le troisième aux longerons de rive dont il a été parlé ci-dessus.

L'ensemble est recouvert d'un platelage en tôle unie disposé, de part et d'autre de l'axe du viaduc, en pente inclinée vers cet axe, c'est-à-dire vers le milieu de l'entrevoie où a été ménagée une rainure longitudinale laissant écouler les eaux de pluie dans un chéneau disposé sous cette rainure (fig. 3 et 4, pl. XIV) ; les tôles des deux parties latérales du platelage sont, bien entendu, disposées de façon à rendre leur surface étanche. L'ensemble a été calculé et établi de telle sorte qu'il remplit le rôle d'une véritable poutre horizontale, dont le platelage forme l'âme et les longerons extérieurs les semelles, qui transmet directement aux pylônes des culées de rive ou de l'ouvrage de l'île des Cygnes, sur lesquels elle est ancrée, les efforts dus à l'action du vent. Les colonnes d'appui ne supportent ainsi aucun effort horizontal et ne peuvent,



Fig. 29. — Viaduc de Passy. Vue d'ensemble de la partie métallique à la traversée du petit bras de la Seine.

par suite, faire subir une déformation aux fermes du pont charretier sur lesquelles elles sont assemblées.

La largeur du viaduc supérieur est de 7,30 m. d'axe en axe du garde-corps ; cette largeur est répartie comme suit :

Entrevoie	1,40 m.
Deux voies de 1,50 m. de largeur d'axe en axe des rails	3,00 —
Distance entre l'axe du rail extérieur et l'axe du garde-corps : 1,45 m. ; soit $1,45 \text{ m.} \times 2 =$. . .	2,90 —
Total	7,30 m.

Ces largeurs sont combinées de façon à respecter les prescriptions de l'article 3 de la loi du 30 mars 1898 qui fixe la largeur maximum du matériel roulant toutes saillies comprises (2,40 m.), ainsi que la largeur de la voie entre bords intérieurs des rails (1,44 m., soit 1,50 m. d'axe en axe des rails) ; le même texte dispose qu'un intervalle de 0,70 m. au moins, sur 2 mètres de hauteur au-dessus du niveau du rail, doit rester libre entre les piédroits ou les parapets des ouvrages d'art et les parties les plus saillantes du matériel roulant.

Le garde-corps, reposant sur les longerons de rive, est en fonte ornée d'un modèle très décoratif ; les figures 23 et 24 (pl. XV) donnent le détail d'un panneau entre pilastres, et la figure 29 l'aspect général du viaduc du petit bras permettant de se rendre compte des parties décoratives (garde-corps supérieur et inférieur, colonnes du viaduc supérieur, groupe des tympans et travée de rive du pont charretier).

Fondations et maçonneries. — La figure 1 (pl. XVI) donne l'ensemble des ouvrages de fondations et en maçonnerie du viaduc de Passy, comprenant :

Aux extrémités du viaduc, les culées de rives établies en bordure des quais de Passy et de Grenelle ;

Les piles en rivière P_1, P_2, P_3, P_4 , au nombre de quatre, dont deux dans chacun des bras de la Seine ;

L'ouvrage spécial établi à la traversée de l'île des Cygnes.

Nous allons examiner successivement chacun de ces ouvrages.

Culée de Passy. — La culée de rive droite, dite de Passy, est

établie sur un massif de fondation foncé au moyen d'un caisson à air comprimé; ce massif a 30 mètres de longueur, 8,50 m. de largeur et 15,30 m. de hauteur (fig. 2, pl. XVI); la descente du caisson a été arrêtée à la cote 12, sur l'assise des marnes de Meudon.

La culée proprement dite comprend un mur de soutènement de 7,15 m. de hauteur et 3,30 m. d'épaisseur à la base; sur la face



Fig. 30. — Culée de Passy. Vue d'ensemble de l'ouvrage en cours de construction.

regardant le fleuve, elle porte un redan de 1,40 m. de largeur sur lequel reposent les appareils d'appui des fermes du pont charretier (fig. 3, pl. XVI).

A ses extrémités, la culée se raccorde avec deux murs en retour circulaires qui forment les extrémités hautes des murs de soutènement supportant, du côté du fleuve, les rampes d'accès mettant en communication le pont charretier du viaduc avec le quai de Passy. A leur rencontre avec la culée, ces murs sont terminés par des pilastres d'angle; ils sont surmontés, dans leur partie circulaire, d'une balustrade décorative, à balustres en pierre fine de Coutarnoux, prolongée vers le quai de Passy par un simple bahut en pierre. Les murs supportant les mêmes rampes d'accès du côté du quai de Passy, sont surmontés, dans toute leur longueur, de la

balustrade en pierre du modèle ci-dessus ; entre leurs extrémités hautes, faisant retour d'équerre, est placé un escalier de 25 marches, de 10 mètres de largeur, permettant aux piétons d'accéder directement du quai de Passy au viaduc.

Enfin, au milieu de la culée, deux massifs, reliés à cette dernière et s'en détachant suivant l'angle que forme l'axe du viaduc avec la direction du fleuve, servent de fondations à un pylône donnant



Fig. 31. — Culée de Passy. Pylône supérieur. Vue d'ensemble de l'ouvrage.

appui au tablier du viaduc supérieur, au point de jonction de ce dernier avec les travées d'approche de la rue Alboni.

La figure 30 montre clairement l'ensemble des ouvrages dont il vient d'être parlé ; on voit, au premier plan, la chaussée du quai de Passy ; au deuxième plan, les fondations de l'escalier central, encadrées par les extrémités hautes des murs bordant le quai de Passy ; au troisième plan, la culée proprement dite avec les deux massifs de fondations du pylône supérieur ; aux extrémités de la culée, les murs circulaires en retour bordant les rampes d'accès du côté de la Seine. Le rapprochement de cette photographie avec les figures 2, 3 et 4 (pl. XVI), permet de se faire une idée exacte de ces dispositions.

Ajoutons que les anciens murs de quai et la culée de l'ancienne passerelle de Passy ont été conservés là où la construction des nouveaux ouvrages n'exigeait pas leur démolition.

La figure 4 (pl. XVI) donne la coupe, suivant *cd* de la figure 2, de la rampe d'accès côté aval ; on remarque sur cette figure que le mur de soutènement de la rampe, côté du quai de Passy, s'appuie en partie sur l'ancien mur de quai conservé.

Dans sa partie centrale, la culée est surmontée d'un pylône en pierre de taille ornementée, de 10,05 m. de hauteur totale et de 7,70 m. de largeur à la base (fig. 5 à 7, pl. XVI). Ce pylône est percé, dans le sens du viaduc, d'une baie voûtée en berceau de 3 mètres de largeur et de 5,80 m. de hauteur sous clef. Le socle, d'une hauteur de 4,06 m., est en pierre de Souppes ; le surplus en pierre de Coutarnoux disposée en bossages et agrémentée de motifs sculptés sur les faces latérales. L'axe transversal de l'ouvrage, parallèle au fleuve, est oblique par rapport à celui du viaduc. Ce pylône sert à supporter le tablier du viaduc supérieur au point de jonction des travées d'approche de la rue Alboni et du viaduc proprement dit. La figure 7 (pl. XVI) donne le plan supérieur de l'ouvrage après mise en place dudit tablier. Les deux faces latérales sont surmontées d'un parapet, également en pierre de Coutarnoux, auquel aboutissent, de part et d'autre, les garde-corps des travées et du viaduc. L'aspect général de l'ouvrage est donné par la figure 31.

Piles en rivière. — Les piles en rivière sont au nombre de quatre, dont deux pour chaque bras de la Seine (fig. 1, pl. XVI). D'un modèle unique, elles sont fondées sur massifs établis au moyen de caissons à air comprimé. Chaque caisson présente, en plan, la forme d'un rectangle terminé à ses extrémités par un demi-cercle de 3,50 m. de rayon ; leur largeur est de 7 mètres et leur longueur de 32,57 m. sur l'axe. Les massifs de fondation, arasés uniformément à la cote 22 mètres, reposent sur l'assise des marnes de Meudon aux cotes suivantes :

Pile P ₁	11,60 m.	(Hauteur du massif.	10,40 m.).
— P ₂	10,24 m.	(—	11,76 m.).
— P ₃	9,95 m.	(—	12,05 m.).
— P ₄	11,03 m.	(—	10,97 m.).

Les figures 8 et 9 (pl. XVI) donnent le détail, en plan et en coupe transversale, de l'une de ces piles. Le corps de la pile est en maçonnerie de moellons avec mortier de ciment de Portland. Sur une hauteur de 4 mètres au-dessus du massif, le parement est constitué en moellons smillés ; dans la partie vue (au-dessus de la cote 26 mètres) il est en pierre taillée à la boucharde ordinaire jusqu'au couronnement, et à la boucharde à 400 dents pour ce der-

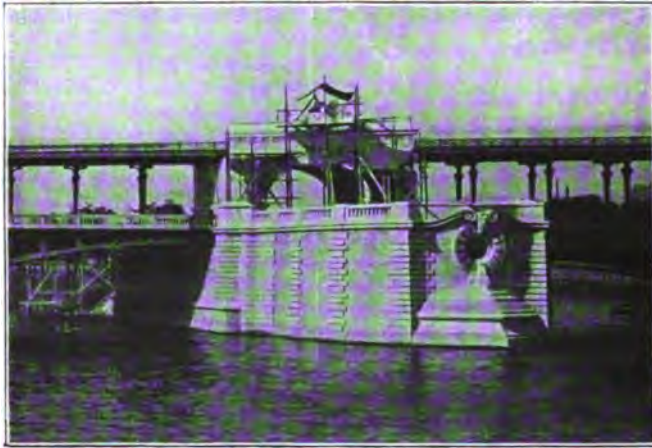


Fig. 32. — Ouvrage de l'île des Cygnes. Vue de l'avant-bec.

nier. Au sommet est disposé un sommier en granit de 1,60 m. de largeur et 0,60 m. d'épaisseur sur lequel sont fixées les plaques d'acier (S, fig. 8) supportant les appareils d'appui des fermes A, B, C, D, E, du pont charretier.

Comme les culées de rive, les piles, établies parallèlement au cours de la Seine, présentent sur l'axe du viaduc une obliquité de 75° environ.

Ouvrage de l'île des Cygnes. — On a vu que le viaduc de Passy coupe l'île des Cygnes vers son extrémité amont ; sur ce point a été établi un important ouvrage qui, en raison de sa situation, joue un rôle multiple en vue duquel ont été aménagées ses diverses parties ; le problème se compliquait ici de la nécessité de donner aux parties vues de l'ouvrage un aspect décoratif s'harmonisant avec les deux viaducs auxquels il sert de jonction.



Fig. 33. — Ouvrage de l'île des Cygnes. Escalier d'accès à l'île.

Nous avons dit que le rôle de l'ouvrage était multiple. Il sert en effet d'éperon de tête à l'île des Cygnes ; dans ses parties latérales, il remplit l'office de culées pour les tabliers de ponts charretiers et assure la continuité des chaussées et trottoirs de ces derniers ; il permet d'accéder à la partie aval de l'île par un escalier disposé à cet effet ; le pylône qui le surmonte sert d'appui aux tabliers des viaducs supérieurs dont il assure également la liaison ; enfin il concourt à l'effet esthétique général des viaducs dont il fait partie intégrante.

L'ensemble de l'ouvrage (fig. 10 à 13, pl. XVI) présente une longueur totale de 58 mètres et une largeur de 24 mètres ; du sol des fondations au sommet de l'écusson qui orne l'entablement du pylône, la hauteur est de 23,55 m.

Les fondations, arrêtées à la cote 23,50 m., ont été établies à l'air libre au moyen d'une enceinte de batardeaux ; elles sont constituées par un plateau de 2 mètres d'épaisseur, en béton de chaux, s'étendant sous tous les massifs, sauf sous l'escalier d'accès à l'île, et englobant les têtes de pieux battus dans l'étendue correspondante.

La tête amont de l'ouvrage est protégée, à sa partie inférieure, par un avant-bec très puissant en pierre de taille surmonté d'une rosace ornementale (fig. 32).

Dans la partie correspondant à la largeur des ponts charretiers. l'ouvrage est formé, en bordure de chaque bras de la Seine, de murs formant culées pour les tabliers desdits ponts et portant à leur partie supérieure une retraite composée d'un sommier en granit sur lequel reposent les appareils d'appui de l'ossature métallique ; entre ces deux murs a été ultérieurement ménagée une chambre d'évidement destinée à diminuer la poussée des terres de remblai qui garnissaient primitivement l'intervalle jusqu'au niveau du pont charretier. Ces mêmes murs servent de fondations au pylône supérieur dont il est parlé plus loin.

Du pont charretier, on accède à la partie aval de l'île, lieu de promenade agréable, par un escalier bordé de garde-corps à pilastres et balustres architecturés, en pierre de Souppes, identiques au parapet qui entoure le terre-plein du premier étage (fig. 33). Cet escalier repose sur deux arceaux prenant pied,

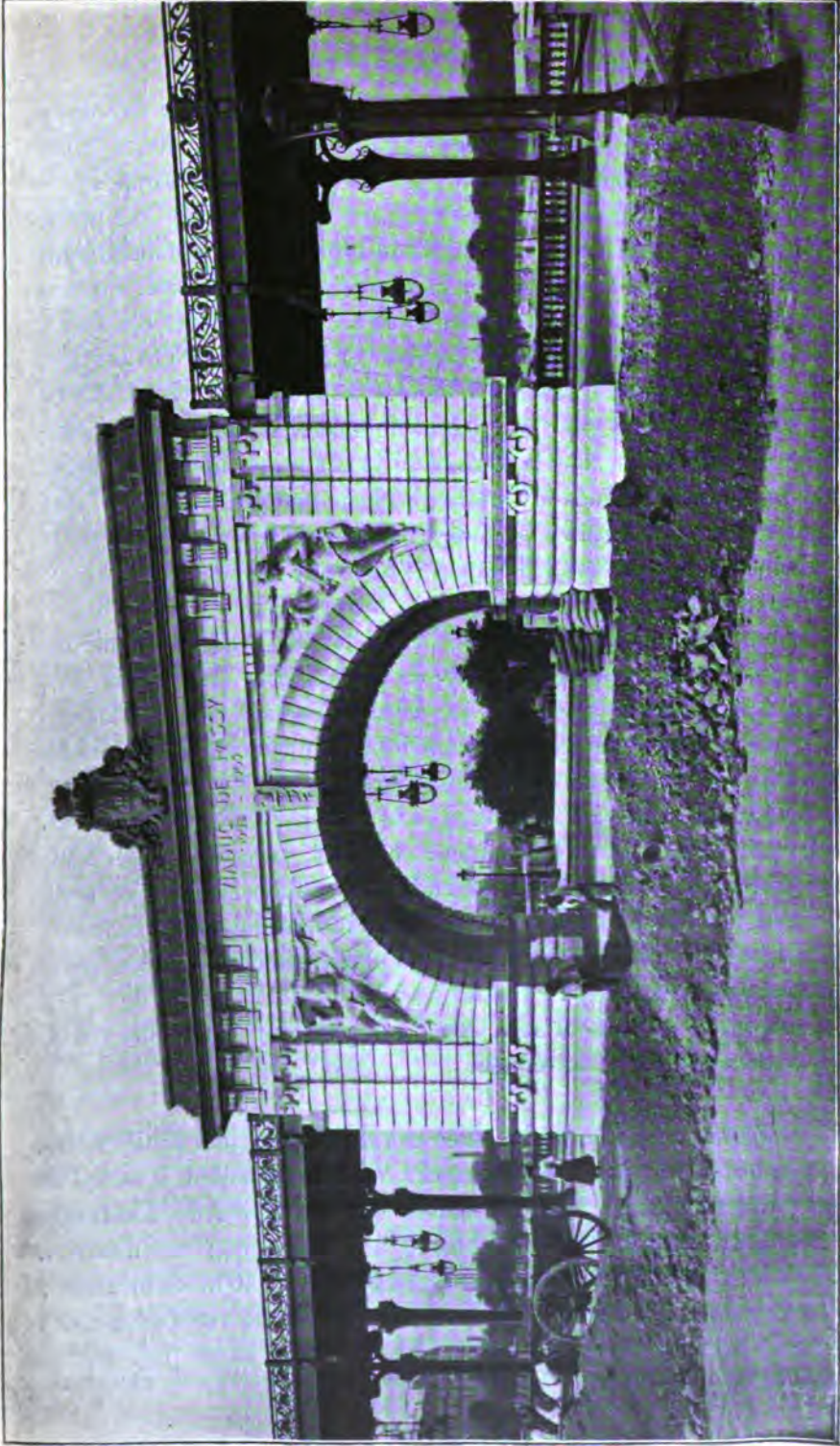


Fig. 31. — Ouvrage de l'île des Cygnes. Vue d'ensemble du pylône supérieur.

d'une part sur la tête aval de l'ouvrage, d'autre part sur deux petits massifs de fondations noyés dans le corps de l'île, à faible profondeur, et supportés chacun par six pieux. Du côté opposé, le terre-plein se prolonge jusqu'à l'avant-bec et forme une petite esplanade entourée de la balustrade du type ci-dessus, d'où on jouit d'une vue superbe vers l'amont du fleuve ; il est supporté, sur son contour, par un mur de soutènement à redans intérieurs épousant, en plan, la forme ogivale de l'éperon ; à la pointe de l'avant-bec, ce mur est renforcé comme le montre la coupe (fig. 12, pl. XVI).

Enfin, ajoutons que l'ouvrage comporte : 1° une resserre souterraine, installée sous le terre-plein de la pointe amont, pour loger les appareils destinés à l'éclairage électrique du viaduc ; 2° une galerie où sont logées des conduites d'air comprimé franchissant le viaduc ; 3° un système de bouches et de branchements d'égout pour l'évacuation des eaux de surface du terre-plein.

Le pylône supérieur, d'aspect très décoratif, rappelle, dans des proportions plus modestes, l'Arc de Triomphe de l'Étoile (fig. 34). Il est percé d'une grande voûte, orientée suivant l'axe de l'île des Cygnes, et de deux petites voûtes dont l'axe correspond à celui du promenoir central des ponts charretiers (fig. 34). La grande voûte, en anse de panier à trois centres, a 9 mètres d'ouverture, 3,64 m. de montée et 6,23 m. de hauteur sous clef ; la figure 14 (pl. XVI) en donne la demi-section normale. Les petites voûtes, en plein cintre, ont 3 mètres de diamètre et une hauteur sous-clef de 5,20 m. ; la figure 15 (pl. XVI) donne l'élévation latérale de l'ouvrage, prise normalement à l'axe du viaduc.

La partie décorative sera examinée plus loin, en même temps que celle du viaduc lui-même.

Culée de Grenelle. — La culée de rive gauche, dite de Grenelle, présente des dispositions analogues, en leur ensemble, à celles de la culée de Passy. Elle est établie sur un massif de fondation foncé au moyen d'un caisson à air comprimé ; ce massif a 30 mètres de longueur, 8,50 m. de largeur et 16,50 m. de hauteur ; la descente du caisson a été arrêtée également sur l'assise des marnes de Meudon, rencontrée ici à la cote 10,80 (fig. 1 et 2, pl. XVII).

Comme à la culée de Passy, le mur surmontant le massif de fondation et formant la culée proprement dite, est à redans intérieurs et présente, du côté du fleuve, une retraite de 1,40 m. de largeur disposée pour recevoir les sommiers supportant les appareils d'appui du pont charretier du petit bras.

Le raccordement du pont charretier avec le quai de Grenelle s'effectue de plain-pied en franchissant par en dessus les voies du chemin de fer de l'Ouest établies sur ce point en tranchée (fig. 1, pl. XVI). De part et d'autre du pont, c'est-à-dire vers l'amont et vers l'aval, sont établies des rampes carrossables donnant accès au bas-port, dit port de la Cunette (fig. 1, pl. XVII), bordées de murs de soutènement dont l'un, celui situé du côté du fleuve, se raccorde avec la culée par un mur en retour circulaire limité à chaque extrémité par des pilastres d'angle et surmonté d'une balustrade en pierre fine de Coutarnoux.

Du milieu de la culée se détache un massif servant de fondation à un pylône analogue à celui de la culée de Passy et assurant la jonction du tablier du viaduc supérieur avec celui de la travée qui lui fait suite au-dessus du chemin de fer de l'Ouest et du quai de Grenelle; cette travée, d'un type particulier, fera plus loin l'objet d'un paragraphe spécial.

Éclairage du viaduc. — De même que les revêtements du tablier des ponts charretiers, l'éclairage du viaduc ressortissait au service municipal de la Voie publique et de l'Éclairage; son étude et son installation ont été, en conséquence, poursuivies sous la direction de M. Bret, ingénieur de la 6^e section dudit service, auquel nous devons les explications qui suivent.

Le viaduc est éclairé électriquement à l'aide de courant emprunté aux circuits d'éclairage du Métropolitain. On avait songé à employer des lanternes à gaz, pourvues de manchons à incandescence qui ont donné d'excellents résultats pour l'éclairage des wagons; on a dû y renoncer en raison des trépidations produites par le passage des trains et amplifiées par les longues tiges de suspension des lanternes. D'autre part, on pouvait redouter, pour les conduites de gaz, qui auraient dû nécessairement être placées sur

le viaduc supérieur, des actions électrolytiques occasionnées par le voisinage du réseau du Métropolitain.

Finalement, l'éclairage a été assuré au moyen de 82 lampes à

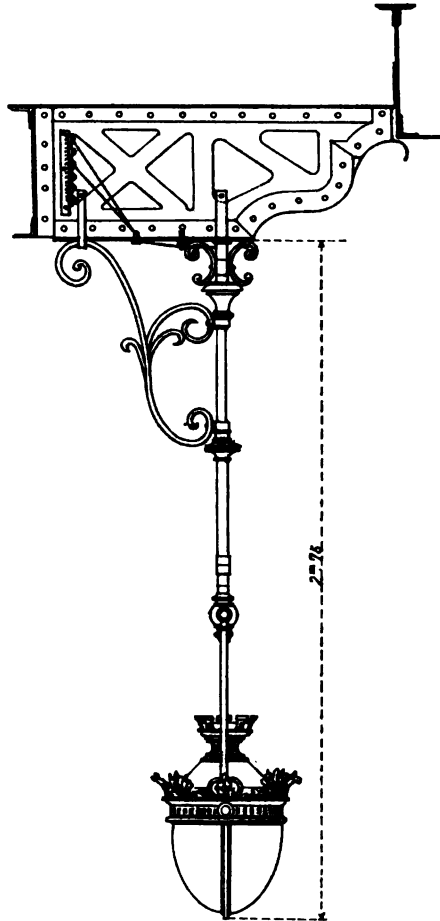


Fig. 35. — Eclairage du viaduc de Passy. Type des lanternes renfermant les lampes à incandescence.

incandescence de 16 bougies, dont 35 sont éteintes à minuit et quart et 47 fonctionnent toute la nuit; ces lampes sont logées dans des lanternes suspendues aux poutres du viaduc supérieur (fig. 35) dont elles sont isolées électriquement ainsi que leur suspension, par des plaques en micanite. Elles sont disposées sur deux files placées à 0,90 m. en avant de l'alignement des colonnettes de

support du viaduc. Des rinceaux, disposés suivant l'axe des entretoises du viaduc, consolident la suspension et en atténuent les oscillations.

Le courant, emprunté aux circuits d'éclairage du Métropolitain, est conduit, par un branchement maçonné spécial, dans la resserre, souterraine aménagée à cet effet à la pointe amont de l'ouvrage de l'île des Cygnes (fig. 10 et 12, pl. XVI). Dans cette resserre sont disposés les compteurs, le tableau de distribution et un appareil automatique d'allumage et d'extinction.

Ce dernier appareil qui assure, moyennant un simple remontage hebdomadaire, l'allumage et les extinctions aux heures fixées, a été établi par la maison Château sur les indications de M. Bret.

En outre, la répartition du courant de l'éclairage du Métropolitain en deux circuits distincts (circuit normal et circuit protégé — voir précédemment, Distribution électrique — Éclairage), a permis de réaliser l'installation de façon à éviter qu'à un moment quelconque le viaduc soit privé de tout éclairage. A cet effet, les 35 lampes variables sont alimentées par le circuit normal ; les 47 autres sont branchées, partie sur le circuit normal, partie sur le circuit protégé. La tension du courant du Métropolitain étant de 550 volts, les lampes sont montées par séries de cinq dont chacune, formant circuit distinct, aboutit à un coupe-circuit placé sur le tableau de distribution.

Enfin, pour assurer la sécurité de la navigation fluviale pendant la nuit, les lanternes placées au droit des piles du pont charretier renferment deux lampes branchées chacune sur un circuit différent, et sont munies d'un verre rouge.

Comme points particuliers, il faut ajouter que l'escalier donnant accès du quai de Passy au pont charretier est éclairé par deux lampes suspendues sous le viaduc au-dessus de la tête dudit escalier ; deux lampes semblables sont placées dans l'axe de la grande voûte du pylône de l'île des Cygnes ; la pointe amont de l'ouvrage de l'île des Cygnes est signalée la nuit à la batellerie par deux candélabres à gaz munis de verres rouges et placés de part et d'autre de cet ouvrage ; l'escalier d'accès à l'île des Cygnes est éclairé par quatre candélabres répartis deux par deux en haut et au pied de l'escalier.

Nous ne dirons rien de l'éclairage des rampes d'accès au quai de Passy, assuré par des candélabres à gaz à incandescence placés sur les dés qui surmontent les chaînes des murs de soutènement, et qui ne se signale par aucune particularité intéressante.

Décoration artistique du viaduc. — La partie décorative du viaduc de Passy a été confiée à des artistes éminents dont la



Fig. 36. — Décoration du viaduc inférieur.
Groupe de forgerons, de M. Gustave Michel. Ensemble de la maquette.

réputation universelle est consacrée depuis longtemps : MM. Gustave Michel, Coutan et Injalbert, membres de l'Institut.

M. Gustave Michel a décoré les retombées des arcs des ponts charretiers avec deux groupes de forgerons et de nautes que, des bateaux parisiens, on peut admirer au passage et qui sont reproduits sur les faces amont et aval de chacun des deux ponts. Ces groupes ont été fondus par M. Capitain-Gény, maître de forges de Bussy, dont les fontes d'art sont justement réputées. Les figures 36, 37 et 38 reproduisent respectivement la maquette du groupe des forgerons et le détail de chacun des deux personnages composant ce groupe : le frappeur, armé du marteau et l'aide tenant le

« tas ». Les personnages vivants qu'on aperçoit à côté de ces figures donnent une idée nette des proportions de ces dernières ;



Fig. 37. — Décoration du viaduc inférieur. Groupe de forgerons, de M. Gustave Michel. Détail d'une figure (le frappeur).

celui des figures 37 et 38 n'est autre que M. Gustave Michel au travail dans son atelier.

A MM. Coutan et Injalbert sont dues les figures symboliques qui ornent les tympans de la grande voûte du pylône de l'île des Cygnes. Celles de la face aval, représentant l'Électricité et le

Commerce, ont pour auteur M. Injalbert. Celles de la face amont, dues au ciseau de M. Coutan, symbolisent la Science et le Travail ; on distingue facilement ces dernières sur la figure 34.



Fig. 38. — Décoration du viaduc inférieur. Groupe de forgerons de M. Gustave Michel. Détail d'une figure (le teneur de « tas »).

Enfin, l'ensemble de la partie architecturale, le dessin des balustrades et des motifs d'ornement des pylônes, ont été étudiés par M. Formigé, architecte des Promenades de la Ville de Paris.

La construction même du viaduc de Passy, avec ses diverses

phases et les particularités qu'elle a présentée, est examinée plus loin (exécution des travaux).

c. Travée du quai de Grenelle. — Pour la traversée du quai de Grenelle, on se trouvait en présence d'une difficulté esthétique qu'il importait de résoudre aussi élégamment que possible. La travée faisant suite au viaduc de Passy devait franchir, d'une seule volée, la tranchée du chemin de fer de l'Ouest et le quai de Grenelle, c'est-à-dire un espace de plus de 50 mètres de longueur, sans qu'il fût possible d'établir un point d'appui intermédiaire (fig. 4, pl. XVI). L'adoption, pour une travée de cette importance, du type bow string usité pour le viaduc courant, aurait conduit à employer une poutre de 5 mètres environ de hauteur maximum au milieu ; la contiguïté d'une semblable poutre et du tablier mince et léger du viaduc supérieur de Passy était inacceptable. La difficulté fut résolue par l'adoption, pour cette travée, d'un type de ferme spécial dit travée à « crosses », ou à piliers solitaires ; ce type est profilé en forme d'arc très surbaissé, rendu solidaire de deux robustes piédroits verticaux, auxquels on a donné le nom de « crosses » ou « béquilles », reposant sur des appareils à rotule analogues à ceux usités dans les ponts en arc ; dans ce système, les poussées verticales développées sur la poutre sont transmises par les « crosses » à de fortes culées en maçonnerie noyées dans le sol. On a pu ainsi réduire fortement la hauteur de la poutre et lui donner un cachet de légèreté s'harmonisant avec le tablier du viaduc de Passy et reliant heureusement ce dernier avec la travée de type courant précédant la station « Quai de Grenelle ».

Les figures 3 à 7 (pl. XVII) définissent suffisamment cet ouvrage : il se compose essentiellement de deux poutres à montants et diagonales situées dans les plans de tête et reliées entre elles par une suite d'entretoises reliées deux à deux par quatre cours de longerons correspondant aux rails du chemin de fer et par des croix de Saint-André. Le tablier est recouvert d'un platinge en tôle analogue à celui du viaduc de Passy et sur lequel les voies ferrées sont également placées de façon identique.

Les poutres de rive ont une hauteur de 3,35 m. en leur milieu

et 3,80 m. à l'aplomb des piédroits ; leur longueur, d'axe en axe des rotules, est de 54,385 m. pour la poutre aval et de 56,180 m. pour la poutre amont ; cette différence de longueur est due à l'obliquité de la culée de Grenelle comme il a été expliqué précédemment ; la largeur entre axes des poutres de rive est de 7,15 m.

Les figures 6 et 7 donnent le diagramme des poutres de rive et des piédroits correspondants ; ces poutres sont formées de panneaux, de 2,47 m. entre axes des montants, au nombre de 21 pour la poutre aval et 22 pour la poutre amont ; à chaque extrémité de la première, un petit panneau de 0,681 m. est intercalé entre le piédroit et le premier panneau courant. Dans la poutre amont, les quatre premiers panneaux de chaque extrémité ont leur membrure inférieure disposée suivant une courbe concave de 54,96 m. de rayon ; pour la poutre aval, une courbe identique, de 36,99 m. de rayon, affecte la membrure inférieure des trois premiers panneaux.

Les piédroits sont reçus à leur base par des appareils à rotule en acier coulé reposant sur des sommiers en granit noyés dans un massif de fondation en maçonnerie ; du côté de la Seine, ce massif n'est autre que la fondation de la culée de Grenelle ; du côté opposé, il sert de fondation commune au piédroit de la travée à crosses et au pylône supportant l'extrémité côté Passy de la travée ordinaire précédant la station « Quai de Grenelle ».

d. *Ouvrage de passage du boulevard Pasteur.* — Le profil en long général de la ligne montre que cette dernière passe du souterrain à l'air libre ou inversement, en six points du tracé : rue Alboni ; — au droit de la rue de Vaugirard ; — place Saint-Jacques ; — au droit de la rue Corvisart ; — boulevard de l'Hôpital ; — place Mazas. Le premier, qui se confond en réalité avec la station « Quai de Passy » a été, en fait, décrit à l'occasion de cette dernière ; nous n'y reviendrons pas. Les dispositions adoptées pour les cinq autres « ouvrages de passage » sont naturellement identiques à celles appliquées en pareil cas sur la ligne circulaire Nord ; chacun d'eux comprend trois parties distinctes : un ouvrage en élévation, une tranchée ouverte et une tranchée couverte. L'ordre ainsi défini correspond à un passage du viaduc au souterrain ; il

devient inverse dans le cas de passage du souterrain au viaduc.

Ici encore on s'est efforcé de réaliser deux conditions importantes : 1° réduire au minimum possible la longueur de chaque ouvrage de passage et, par suite, celle de la partie de voie publique ainsi soustraite à la circulation de surface ; 2° trouver des emplacements où ces ouvrages ne devaient couper aucune voie transversale.

La première condition s'est trouvée réalisée sans difficulté grâce aux fortes déclivités que présente, aux points obligés, le profil en long du sol sur le tracé de la ligne.

Chacun de ces ouvrages sera décrit à son tour.

Le premier que l'on rencontre après le passage de la Seine au viaduc de Passy, est situé boulevard Pasteur, entre les stations « Rue de Sèvres » (en viaduc) et « Boulevard Pasteur » (en souterrain) ; il occupe le milieu du plateau central du boulevard sur une longueur totale de 227,01 m. ainsi répartie : ouvrage en élévation : 97,55 m. ; tranchée ouverte : 100,31 m. ; tranchée couverte : 29,15 m. ; l'« encombrement » de la voie publique est donc ici de 97,55 m. + 100,31 m. = 197,86 m. ; la largeur est de 8,02 m. entre axes des grilles latérales de clôture. Sur ce point, le rail est en pente de 27 millimètres par mètre entre le viaduc et l'entrée de la tranchée couverte où il s'établit en palier ; le sol présente une rampe moyenne de 24 millimètres par mètre.

Dans sa partie en élévation (fig. 1 à 7, pl. XVIII), l'ouvrage se compose de deux murs de soutènement parallèles, surmontés d'une grille de clôture, entre lesquels est établi le remblai sur lequel repose le radier supportant les voies. Dans sa partie la plus élevée, et afin de limiter autant que possible l'interception de la circulation transversale des piétons, on a ménagé une série de trois voûtes en anse de panier de 7 mètres d'ouverture et de montée décroissante (2,386 m. — 2,156 m. — 1,926 m.). Dans le pilier de tête, qui sert en même temps de support à la dernière travée du viaduc, a été ménagée une resserre voûtée de 5,50 m. de longueur, 1,66 m. de largeur et 3,84 m. de hauteur sous clef.

Les piédroits des voûtes sont établis sur massifs de meulière de 1,20 m. d'épaisseur, arasés à 0,20 m. environ au-dessous de la surface du sol et reposant sur des massifs de béton de chaux émi-

nemment hydraulique fondés sur le terrain solide. Les murs de soutènement de la partie en terre-plein et des tranchées ouverte et couverte sont établis sur une suite d'arcs surbaissés en béton reposant sur des piliers également en béton, d'espacement variable et fondés sur le sol dur ; de plus, dans les tranchées ouverte et couverte, le radier lui-même est supporté par des puits bétonnés de 1,20 m. à 1,80 m. de diamètre, placés sur l'axe du tracé et disposés en quinconce par rapport aux puits latéraux. Ces fondations ont été nécessitées par la présence d'anciennes exploitations de carrières dont on trouve, sur ce point, jusqu'à trois étages superposés.

Les parties en tranchées ouverte et couverte ne diffèrent que par quelques détails des types déjà décrits.

e. Passage sous le chemin de fer de l'Ouest. — A l'origine du boulevard Edgar-Quinet, immédiatement après la place du Maine, la ligne n° 2 Sud passe sous le viaduc du chemin de fer de l'Ouest de la rive gauche (fig. 8 et 9, pl. XVIII) ; son tracé passe en ce point sous la voûte du pont qui franchit la chaussée Sud du boulevard et dont les piédroits laissent entre eux, à hauteur des fondations, un espace libre de 12 mètres environ.

La proximité de ces fondations et des ouvrages du Métropolitain a exigé, dans la construction de celui-ci, des précautions spéciales pour éviter tout mouvement dans le viaduc de l'Ouest. C'est ainsi que, pour réduire au minimum la différence de niveau entre les fondations des deux chemins de fer, on a eu recours à la tranchée couverte qui correspond à la moindre profondeur possible. L'ouvrage est formé de deux parties. La première, en courbe de 75 mètres de rayon, sur une longueur de 38,60 m., présente sur le type normal un excédent de largeur destiné à assurer le libre passage du matériel roulant ; la largeur en a été ainsi fixée à 7,214 m. en œuvre des piédroits. La seconde, de 120,72 m. de longueur, est en alignement droit et du type courant, déjà décrit, de tranchée couverte sous chaussée, dont la largeur est de 6,70 m.

Le sol de cette région, anciennement exploité, est très tourmenté et a dû être consolidé comme il a été expliqué (Travaux

préliminaires. Consolidation d'anciennes carrières); les puits de consolidation, situés en quinconce sous les piédroits et sous l'axe de l'ouvrage, ont été reliés, à leur partie supérieure, par des arcs surbaissés longitudinaux et transversaux donnant au radier une assiette solide. Les puits sous piédroits sont de section rectangulaire; ils ont en général 1,35 m. de longueur sur une largeur variant de 1,70 m. à 2 mètres; ceux situés sur l'axe sont de section circulaire de 1,20 m. de diamètre.

Le radier de la tranchée, en béton, forme ainsi une sorte de plateforme doublement incurvée s'appuyant, d'une part sur les piédroits, également en béton, auxquels elle est intimement reliée, d'autre part sur la série des arcs reliant les puits d'axe.

f. Raccordement de service avec la ligne n° 4. — Une galerie de raccordement rail à rail est prévue, pour les besoins de l'exploitation, entre les lignes n° 2 Sud et 4. Cette galerie, à voie unique, prend naissance du côté de la ligne n° 2 Sud, sous le boulevard Edgar-Quinet, immédiatement après la station du même nom; le tracé s'infléchit, suivant deux courbes successives de 250 mètres et 50 mètres de rayon, pour pénétrer sous la rue Huyghens qu'il emprunte d'un bout à l'autre pour venir se souder à la ligne n° 4 au carrefour des boulevards du Montparnasse et Raspail.

La construction de ce raccordement, qui ne pouvait être utilisé avant l'établissement de la ligne n° 4, a été rattachée à celle de cette ligne. Toutefois, en même temps que la ligne n° 2 Sud, a été construit l'ouvrage de bifurcation sur cette ligne avec une petite amorce du souterrain (fig. 10, 11, 12, pl. XVIII).

L'ouvrage de bifurcation est semblable, en principe, à ceux de même nature qui ont déjà été décrits à l'occasion des lignes précédentes; il se compose d'une série de voûtes de portée croissante et allant de l'ogive aplatie à l'arc de cercle surbaissé; les chambres ainsi établies forment, pour le passage de l'une à l'autre, une suite de redans du côté de la galerie de raccordement; le piédroit du souterrain de la ligne n° 2 Sud, du côté opposé au raccordement, a simplement reçu des surépaisseurs croissant avec la portée des diverses voûtes.

g. *Garage Edgar-Quinet.* — L'objet des garages en cours de route a été exposé précédemment¹ ; la nécessité d'un ouvrage de ce genre sur la ligne n° 2 Sud était incontestable vu la longueur de cette ligne.

L'emplacement choisi est ici particulièrement heureux, car il se trouve à peu près au milieu de la distance qui sépare la place de l'Étoile, tête de ligne, du pont d'Austerlitz, point de jonction avec la ligne n° 3, et de plus à proximité du raccordement Huyghens qui relie la ligne n° 2 Sud à la ligne n° 4.

Cet emplacement est situé boulevard Edgar-Quinet ; le garage suit immédiatement l'ouvrage de bifurcation du raccordement Huyghens (fig. 13 à 17, pl. XVIII).

Dans ses dispositions générales, ce garage est identique à ceux des autres lignes en exploitation ; il se compose essentiellement d'une galerie à voie unique, accolée au souterrain courant dont elle n'est séparée que par un piédroit commun, et présentant une longueur suffisante pour permettre le garage momentanément d'un train et, par suite, le dégagement de la voie normale. A ses extrémités, il se raccorde avec le souterrain proprement dit au moyen de deux « culottes » ou ouvrages de bifurcation ; celle située du côté de la place de l'Étoile est du type habituel : succession de voûtes de largeurs croissantes ; celle de l'extrémité opposée est recouverte d'un tablier métallique.

La culotte voûtée est identique à celles dont le détail est donné plus loin pour le garage des Arts-et-Métiers (ligne n° 3) ; il est donc inutile d'y insister. Toutefois il convient de signaler une disposition particulière adoptée, ici, en raison de l'inconsistance du sol (anciennes carrières) ; pour assurer au radier une rigidité suffisante dans les parties où le sous-sol a été reconnu instable, on a garni ledit radier d'un grillage métallique noyé dans l'épaisseur du béton transformé ainsi en béton armé ; la figure 15 montre le type de cette disposition dont l'étendue est indiquée par un quadrillage sur la figure 14. Ce même artifice a d'ailleurs été appliqué également, dans des circonstances semblables, sur divers points du souterrain, notamment dans la galerie de garage proprement dite et dans la culotte de l'autre extrémité.

¹ Tome I, chap. I, § VI a.

Cette dernière, avons-nous dit, est recouverte par un tablier métallique, la hauteur de remblai sur ce point étant insuffisante pour l'établissement d'un ouvrage voûté. Ce tablier, du type ordinaire, composé de poutres reliées par des entretoises réunies au moyen de voûtins en briques, ne présente qu'une particularité : pour éviter la difficulté qu'aurait présenté le raccordement des voûtins avec le piédroit courbe, on leur a substitué des hourdis en béton armé, comme l'indiquent les figures 16 et 17.

h. *Station d'échange « Boulevard Raspail »*. — La ligne n° 2 Sud se trouve, sur quelques centaines de mètres de longueur, juxtaposée au tracé de la ligne n° 4, sous le boulevard Raspail, entre le boulevard Edgar-Quinet et la place Denfert-Rochereau. A l'entrée du boulevard Raspail, les deux lignes seront placées au même niveau et, sur ce point, a été établie la station « Boulevard Raspail » qui permettra d'opérer l'échange des voyageurs lors de la mise en exploitation de la ligne n° 4.

Cette station est du type des stations doubles, déjà appliqué sur les lignes nos 1 et 2 Sud à la station « Place de l'Étoile », et sur les lignes nos 2 Nord et 3, à la station « Avenue de Villiers ». Elle se compose de deux stations accolées, chacune d'elles présentant le type des stations voûtées ordinaires, les deux culées contiguës étant ici réunies en un seul piédroit commun aux deux ouvrages et dont l'épaisseur, 2 mètres, est égale à celle des culées extérieures (fig. 1 et 2, pl. XIX). Dans ce piédroit commun sont ménagées cinq baies mettant en communication directe, et de plain-pied, les quais contigus des deux stations ; en outre, la communication entre les quatre quais, sans remonter à la surface du sol, a été assurée par une galerie spéciale, munie d'escaliers, qui a été décrite à l'occasion des accès à la station ; cette galerie est d'ailleurs visible sur la figure 1 (pl. XIX).

La station « Boulevard Raspail » est, dans toute son étendue, superposée à d'anciennes carrières dont la consolidation préalable dut être opérée d'après les principes exposés précédemment et sur lesquels nous reviendrons plus loin (exécution des travaux). La figure 3 (pl. XIX), donne l'élévation d'une des culées, celle de droite en allant sur la place d'Italie, montrant notamment deux

arcs de décharge établis sous cette culée pour franchir les fontis rencontrés par la galerie d'avancement.

i. *Passage sous la ligne de Paris à Sceaux.* — Ce passage ne constitue pas, à proprement parler, un ouvrage spécial. Des dispositions particulières ont dû être prises pour éviter tout mouvement dans la plateforme de la ligne de Sceaux et il en est résulté des modifications appropriées dans le type du souterrain sur ce point. Ces modifications seront examinées plus loin en même temps que les procédés d'exécution auxquels elles se rattachent étroitement.

j. *Station « Place Saint-Jacques ».* — Cette station, à ciel ouvert, se trouve comprise dans l'ouvrage de passage du souterrain au viaduc établi sur le point où la ligne émerge de terre pour franchir la vallée de la Bièvre. Elle est constituée (fig. 4 à 10, pl. XIX), par deux piédroits en meulière distants de 13,50 m. en œuvre, reliés par un radier concave en béton de 0,50 m. d'épaisseur sur l'axe ; cette disposition est analogue à celle adoptée pour les stations à tablier métallique. Les piédroits, d'une hauteur constante de 4,30 m. au-dessus du niveau des rails, sont surmontés d'un couronnement mouluré en pierre de Souppes.

En raison de la forte pente longitudinale du boulevard Saint-Jacques, les murs sortent de terre graduellement à partir de l'extrémité de la station, du côté de la place de l'Étoile ; ils ont donc été revêtus, dans leur partie vue, d'un parement en moellons de Souppes rustiqués, encadrés dans des chaînes en pierre d'Euville et un soubassement en pierre de Souppes. A l'intérieur de la station, les chaînes sont également apparentes : le soubassement est ici en meulière smillée disposée par assises régulières. Le mur pignon est limité, de part et d'autre de la tranchée, par une chaîne d'angle en pierre d'Euville surmontée d'un socle faisant suite au couronnement des piédroits et supportant un pilastre en pierre de Tercé sur lequel s'appuie l'extrémité de la grille surmontant les piédroits (cette grille, qui ne figure pas sur les figures 5 et 6, est du modèle courant adopté pour les ouvrages de passage. Voir ci-après : ouvrage de passage du boulevard Saint-Jacques).

Les escaliers d'accès, situés à l'extrémité de la station, ont reçu

une ornementation parementée analogue à celle des piédroits, côté intérieur.

Sous la station « Place Saint-Jacques », le sol était miné par d'anciennes carrières qui furent préalablement consolidées; sous une partie de l'ouvrage, des fontis exigèrent des travaux confortatifs spéciaux s'étendant sous le radier. L'examen des figures dispense d'entrer à ce sujet dans de plus longs détails qui formeraient répétition des explications antérieurement données.

k. *Ouvrage de passage du boulevard Saint-Jacques.* — Cet ouvrage ne se distingue de celui du boulevard Pasteur qu'en raison de ce fait qu'il comprend, dans sa partie en tranchée, la station « Place Saint-Jacques » décrite ci-dessus; en dehors de cette particularité, il présente les mêmes dispositions de principe que le précédent.

La figure 4 (pl. XX) donne le profil en long de la partie en tranchée et montre la position de la station.

L'encombrement total de l'ouvrage représente une longueur de 263,12 m. ainsi répartie, en partant de l'extrémité de la tranchée couverte qui le précède immédiatement du côté place de l'Étoile.

Tranchée ouverte.	9,25	
Station « Place Saint-Jacques »	75,00	
Tranchée ouverte.	70,35	
	<hr/>	
Total de la partie en tranchée.	154,80	154,80
Partie en élévation		110,32
		<hr/>
Longueur totale		265,12

L'ensemble est situé sur le plateau central du boulevard Saint-Jacques, dans une partie où il n'intercepte en aucun point la circulation des voies transversales (fig. 2, 3, 4 et 5, pl. XX).

La partie en tranchée ouverte, y compris la station, est clôturée par une grille comportant, à chaque liaison de deux panneaux consécutifs, un motif ornemental. Ce type de grille est appliqué uniformément pour les ouvrages en tranchée du réseau métropolitain.

l. *Passerelle du boulevard Saint-Jacques.* — L'ouvrage de passage qui vient d'être décrit interceptait la communication pour pié-

tons entre les deux côtés du boulevard, de la place Saint-Jacques à la rue Dareau (fig. 2, pl. XX) ; or, dans cette partie, le boulevard est bordé, du côté Nord, par des établissements industriels occupant un grand nombre d'ouvriers et, du côté Sud, par des commerçants ; les relations fréquentes qui résultaient de cet état de choses, se trouvèrent fortement gênées par l'établissement du chemin de fer dans les conditions ci-dessus exposées. Le Conseil municipal décida de remédier à cet inconvénient par la construction d'une passerelle franchissant les voies par en dessus.

Les circonstances locales se prêtaient à cette construction d'une façon particulièrement heureuse en raison de la présence de la station « Place Saint-Jacques », dont les quais se trouvent, comme il a été dit, en contre-bas du sol de la voie publique ; les murs verticaux qui limitent la station du côté Est, en s'élevant à 2,80 m. au-dessus du sol, permettaient, sans nuire en aucune façon à l'harmonie de l'ensemble, l'accolement d'un petit ouvrage assurant le passage des piétons au-dessus de la tranchée ouverte.

La passerelle fut donc établie à l'extrémité Est de la station « Place Saint-Jacques » (fig. 2 à 8, pl. XX). Elle se compose simplement d'un tablier en béton armé système Piketty franchissant le chemin de fer et mis en communication avec la voie publique par deux escaliers d'extrémités en maçonnerie comportant respectivement 40 à 41 marches.

La passerelle proprement dite a une largeur libre de 3 mètres ; elle est clôturée par une grille en fer forgé du type décrit précédemment. Les escaliers sont formés de marches en granit reposant sur une fondation en maçonnerie de béton parementée, du côté extérieur, de façon identique aux murs de la station ; ils sont limités d'un côté par les murs pignons de la station, de l'autre par un garde-corps en fer forgé.

La hauteur libre entre les rails et le dessous du tablier est de 3,55 m. chiffre minimum normal adopté sur le réseau.

Les figures 39, 40 et 41 définissent la constitution du tablier. Il se compose essentiellement de deux poutres longitudinales, espacées de 2,20 m. d'axe en axe, et formées de tirants en fer noyés dans le béton ; leur hauteur est de 0,38 m. et leur épaisseur de 0,20 m. ; la portée libre entre appuis est de 7,52 m. Les tirants,

grillage de protection en fil de fer ondulé, placé sur la face extérieure des grilles de clôture et limité, du côté de la station, aux petits pylônes qui surmontent les murs pignons de cette dernière, du côté opposé, à la jonction avec la partie haute des escaliers.

m. Ouvrage de passage du boulevard Auguste-Blanqui. — Après avoir franchi en viaduc la dépression formée par la vallée de la Bièvre, la ligne rentre en terre sous le boulevard Auguste-Blanqui, pour passer sous le mamelon de la place d'Italie. L'ouvrage de passage du viaduc au souterrain présente la même particularité que celui du boulevard Saint-Jacques : il comprend une station dénommée « Rue Corvisart » ; seulement, cette dernière se trouve ici, non plus dans la partie en tranchée, mais dans celle en élévation.

L'ensemble de l'ouvrage s'étend, à partir du débouché de la rue Corvisart, sur le plateau central du boulevard Auguste-Blanqui (fig. 9, 10, 11, pl. XX) ; il occupe, sur la voie publique, une longueur totale de 229,22 m. ainsi répartie.

Partie en élévation.	25,41 m.
Accès à la station « Rue Corvisart »	25,17 —
Station « Rue Corvisart »	75,00 —
Partie en élévation à la suite de la station.	9,42 —
Tranchée ouverte	94,22 —
Total.	229,22 m.

La partie en élévation située à l'origine se développe en plan suivant une courbe de 75 mètres de rayon ; elle comporte trois voûtes consécutives en anse de panier, de 5,66 m. d'ouverture sur l'axe du tracé, auxquelles fait suite la partie réservée aux accès de la station, précédemment décrits. Cette partie de l'ouvrage est surmontée d'un garde-corps en fonte s'harmonisant mieux que la grille habituelle avec les ouvrages contigus. Le soubassement est en pierre de taille de Souppes ; les pilastres et bandeaux, en pierre de taille d'Euville ; les douelles et tympanes, en moellons piqués de Souppes ; enfin le couronnement, en pierre de taille de Corgoloin.

La présence des anciennes carrières a exigé, ici encore, des travaux de fondations spéciaux dont la figure 11 donne une idée suffisante si on la rapproche des explications déjà données sur ce genre d'ouvrages.

La partie en tranchée ouverte est du type ordinaire, close par une grille du modèle courant; elle ne présente d'autre particularité que de comprendre, à son origine près de la station, une passerelle publique pour piétons qui est décrite ci-après.

n. *Station « Rue Corvisart »*. — Cette station est comprise dans la partie en élévation de l'ouvrage de passage ci-dessus. Les



Fig. 42. — Station « Rue Corvisart ». Vue d'ensemble.

explications, avec dessin à l'appui, qui ont été données pour les accès à cette station suffisent à définir la consistance de cette dernière. Il suffira d'ajouter que les murs de soutènement sont surmontés, aux quatre angles d'extrémité, de pylônes sculptés reliés par des cloisons en briques ornementées supportant une toiture vitrée; l'ensemble de ces dispositions, comprenant la partie au-dessus du niveau des quais, est identique à celles adoptées pour les stations en viaduc.

La figure 42 montre l'aspect général de la station, ainsi que des ouvrages d'accès et de deux voûtes de l'ouvrage de passage dont il a été parlé plus haut.

o. *Passerelle du boulevard Auguste-Blanqui*. — Des considéra-

tions analogues à celles qui ont motivé l'établissement de la passerelle du boulevard Saint-Jacques ont conduit à établir un ouvrage de même nature sur le boulevard Auguste-Blanqui, à la suite de la station « Rue Corvisart ». L'ouvrage de passage construit sur ce point constituait, entre les quartiers Croulebarbe et de la Maison-Blanche, un obstacle continu de 220 mètres environ de longueur, apportant une entrave sérieuse dans les communications



Fig. 43. — Passerelle du boulevard Auguste-Blanqui. Vue d'ensemble.

entre les usines qui occupent l'un des côtés du boulevard et les maisons de commerce situées en bordure du côté opposé.

La figure 9 (pl. XX) montre la situation de la passerelle dont le plan est compris dans la figure 10. Les indications de ces plans sont complétées par les figures 12 à 15 qui donnent en détail la consistance de l'ouvrage et sa position relativement au chemin de fer.

En principe, cette passerelle est identique à celle du boulevard Saint-Jacques : elle se compose essentiellement d'un tablier franchissant les voies et auquel on accède, de part et d'autre, par des escaliers le reliant à la voie publique.

Toutefois, alors qu'au boulevard Saint-Jacques, le rail du che-

min de fer sous la passerelle se trouve déjà à près de 2 mètres en contre-bas du sol, il affleure sensiblement ce même niveau sur le boulevard Auguste-Blanqui. Il en résulte que les escaliers qui, dans le premier cas ne comportaient qu'une dizaine de marches, ont dû en recevoir 26 dans le second cas, soit une longueur de 7,80 m. ; ils durent, par suite, être placés ici parallèlement au chemin de fer (fig. 10). En outre, pour faciliter aux piétons la descente et la montée de cette volée importante de 26 marches, cette dernière a été munie d'une main courante axiale.

En ce qui concerne le tablier proprement dit, il est en béton armé système Piketty, absolument identique à celui, décrit plus haut, de la passerelle Saint-Jacques. Enfin, les parties de la grille de clôture franchissant la voie ferrée ont été également munies d'un grillage de protection en fil de fer ondulé placé sur la face extérieure de la grille.

La figure 43 donne l'aspect général de la passerelle ainsi établie ; le pylône que l'on voit à gauche et la cloison en briques qui vient s'y appuyer appartiennent à la station « Rue Corvisart » (extrémité côté de la place d'Italie).

p. *Boucle de la place d'Italie.* — Pour la parfaite compréhension des dispositions réalisées dans la boucle de la place d'Italie, il est nécessaire de revenir, en les modifiant, sur les explications déjà données touchant les combinaisons d'exploitation des lignes métropolitaines.

Aux termes d'une délibération du Conseil municipal de Paris, en date du 14 juin 1901, modifiant les dispositions de l'avant-projet ayant servi de base à la loi déclarative d'utilité publique du Métropolitain, la ligne n° 2 Sud devait être directement prolongée par la ligne n° 6, pour constituer ainsi le trajet semi-circulaire, par le côté Sud de Paris, de la place de l'Etoile à la place de la Nation ; le reste de la ligne n° 2 Sud, c'est-à-dire la partie à établir sous le boulevard de l'Hôpital, devait être soudé directement, au pont d'Austerlitz, avec la ligne n° 5 ; et ce deuxième groupement devait réaliser une transversale Nord-Sud de la gare du Nord à la place d'Italie en passant par la place de la Bastille. Le schéma de cette combinaison est donné par la figure 2 du présent volume ; les

dispositions correspondantes, alors adoptées pour la boucle de la place d'Italie et mises à exécution, sont représentées schématiquement par la figure 44.

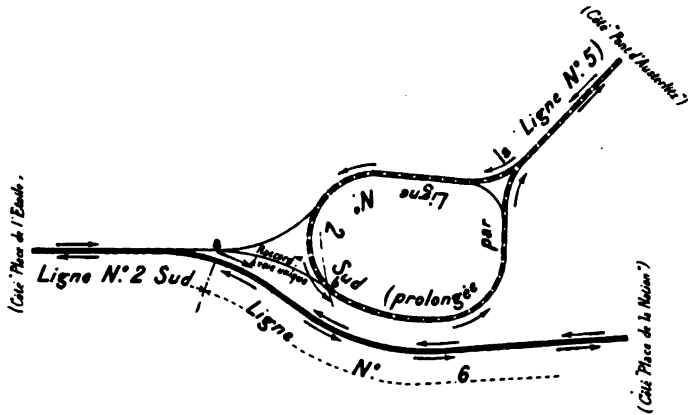


Fig. 44.

Or, les mouvements de voyageurs constatés sur la partie Etoile-Italie de la ligne n° 2 Sud, depuis son ouverture à l'exploitation

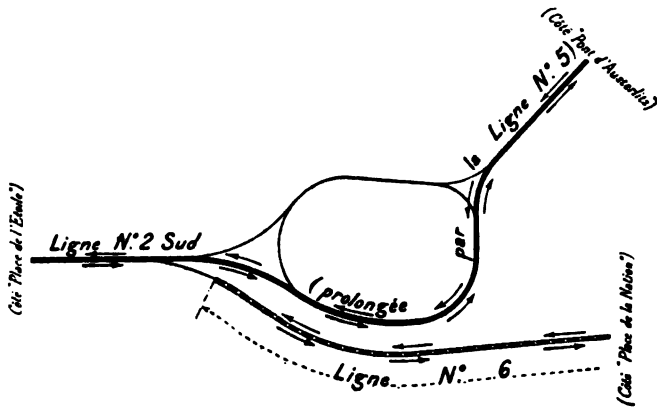


Fig. 45.

(avril 1906), indiquaient que cette ligne est et sera surtout fréquentée par des voyageurs en provenance ou à destination de la rive droite, dans les régions desservies par la ligne n° 5. Le régime des trains à organiser sur la ligne n° 2 Sud devait donc se rapprocher plutôt de celui de la ligne n° 5 que de celui de la ligne n° 6, de façon à éviter le manque d'équilibre qui se serait produit entre

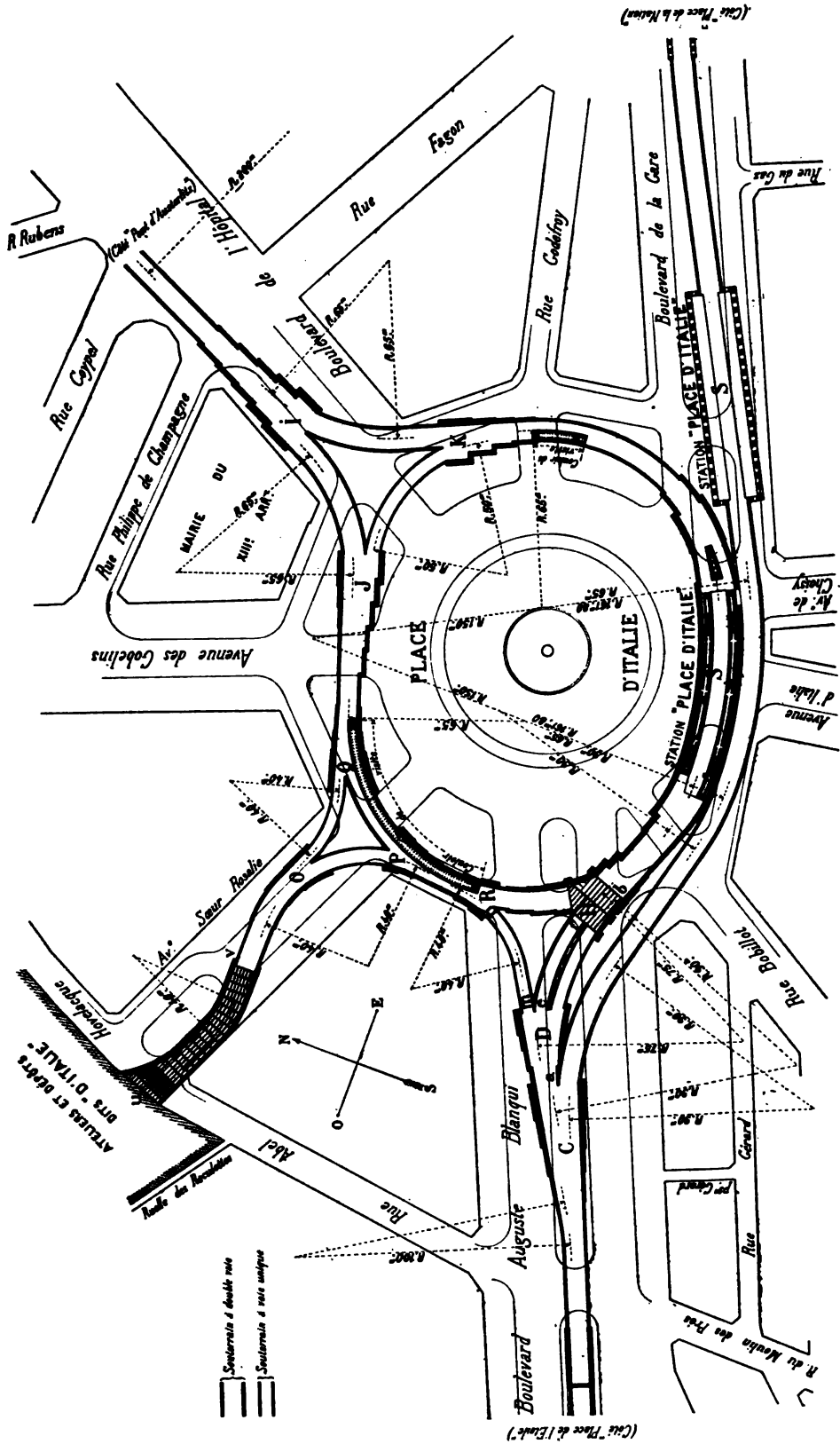


Fig. 46 (Ech. 1/2500). — Boucle de la place d'Italie. — Plan général.

les parties Ouest et Est de la demi-circulaire Sud de la place de l'Etoile à la place de la Nation; les conditions d'exploitation devaient, de toute évidence, être sensiblement améliorées par le transport des voyageurs d'une rive à l'autre sans rompre charge à la place d'Italie.

La continuité d'un service de trains desservant toute la ligne n° 2 Sud, puis la ligne n° 5, et passant dans les deux sens à la place

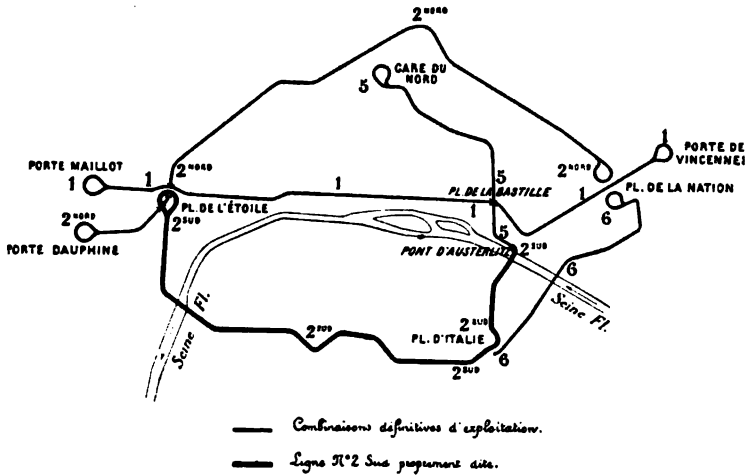


Fig. 47. — Schéma des combinaisons d'exploitation des lignes n° 2 Sud, 5 et 6.

d'Italie n'était pas réalisable dans les conditions d'établissement de la boucle représentée par la figure 44; mais il suffisait, pour rendre cette combinaison possible, que le raccordement à voie unique établi de *a* à *b* (fig. 44 et 46) fût doublé par une deuxième voie logée dans un second souterrain accolé au premier, en y adaptant, par des remaniements convenables, les deux ouvrages d'épanouissement auxquels aboutit le premier raccordement.

La proposition présentée dans ce sens par la Compagnie du Chemin de fer Métropolitain fut adoptée par la Ville de Paris qui décida de remanier en conséquence les ouvrages de la place d'Italie (délibération du Conseil municipal du 9 février 1907). Les dispositions ainsi arrêtées sont représentées schématiquement par la figure 45 et en détail par la figure 46. D'autre part, la figure 47 donne le schéma d'ensemble des combinaisons nouvelles d'exploitation définies ci-dessus pour les lignes n° 2 Sud, 5 et 6.

Ceci dit, il suffira de quelques explications sommaires pour donner une idée claire de la consistance des ouvrages de la place d'Italie.

Sous le boulevard Auguste-Blanqui, immédiatement après le carrefour de la rue Abel-Hovelacque, le souterrain pénètre dans un ouvrage de bifurcation ou culotte C au sortir de laquelle il se divise en deux branches (fig. 46).

La première s'infléchit pour contourner au Sud la place d'Italie, puis s'engage sous le boulevard de la Gare ; elle doit former l'origine de la ligne de la place d'Italie à la place de la Nation ; une station voûtée S, du type normal à quais latéraux, est située sur cette branche à l'entrée du boulevard de la Gare.

La deuxième, dès sa sortie de la culotte C, pénètre dans une autre culotte D dans laquelle elle se subdivise en trois souterrains à voie unique ; deux de ces derniers, *a b* et *e f*, s'infléchissent parallèlement vers le Sud pour se jonctionner, dans la culotte H, avec la boucle proprement dite.

Cette dernière contourne entièrement la place d'Italie ; ses deux branches viennent se souder dans la culotte I, située au débouché du boulevard de l'Hôpital, pour se prolonger en souterrain normal vers le pont d'Austerlitz. Au sommet de la boucle, entre la rue Bobillot et l'avenue de Choisy, est établie une deuxième station S', du type voûté à quai central, qui devait former station extrême de la transversale « Gare du Nord-Place d'Italie » ; dans les dernières combinaisons exposées ci-dessus, elle devient station ordinaire en cours de route.

Les deux branches de la boucle sont réunies, entre l'avenue des Gobelins et la rue Godefroy, par un raccordement de service à voie unique qui vient se souder à elles par deux culottes J et K.

Le troisième souterrain *m n* partant de la culotte D, a pour objet de relier la ligne aux ateliers et dépôts d'Italie.

La communication entre ces ateliers et la ligne n° 2 Sud est assurée de façon complète par un souterrain établi spécialement à cet effet sous l'avenue Sœur-Rosalie et qui se raccorde avec la boucle, de part et d'autre de ladite avenue, par deux souterrains à voie unique formant avec la boucle un triangle curviligne dont les sommets sont occupés par les culottes de jonction ; une quatrième culotte R assure le raccordement du souterrain *m n* avec la boucle.

Tous ces ouvrages sont de dispositions identiques à ceux de même nature précédemment décrits à l'occasion des premières lignes métropolitaines. Il suffira de dire que, seule, la culotte H est recouverte d'un tablier métallique avec voûtins en briques.

Il convient cependant de signaler que le souterrain de raccordement avec les ateliers d'Italie est également établi en tranchée couverte, c'est-à-dire recouvert d'un tablier métallique, entre le point de pénétration dans lesdits ateliers et un point situé à 58,82 m. de là, vers la place d'Italie (*u v*, fig. 46); ce tablier composé, comme ceux des tranchées couvertes normales, de poutres et d'entretoises avec remplissage en voûtins, n'en diffère que par les dimensions; nous donnerons seulement une vue en élévation du débouché de la galerie dans le terrain des ateliers (fig. 1, pl. XXI).

Alors que la boucle de la place d'Italie était considérée comme devant former tête de ligne pour la transversale « Gare du Nord-Place d'Italie », la Compagnie concessionnaire avait décidé de la pourvoir de fosses et couloirs de visite, ainsi qu'il a été fait dans les boucles terminales des lignes n^{os} 1, 2 Nord et 3. Ces ouvrages étant établis lors de l'adoption des dernières combinaisons d'exploitation, on les a laissés subsister; la Compagnie s'est bornée à remblayer une partie des couloirs devenue inutile. La figure 46 montre les parties maintenues qui comprennent :

1° Deux cours de fosses parallèles s'étendant dans la station, de part et d'autre du quai central.

2° Un couloir de 17 mètres de longueur dans la branche de droite (côté Est) de la boucle et un autre, de 78,60 m. de longueur, dans la branche de gauche.

Le rôle des fosses et couloirs de visite a été défini à l'occasion des lignes précédentes. Il suffira de dire ici que les fosses de la station sont à murettes recouvertes de longrines supportant directement les voies et que les couloirs de la boucle sont à chevalets. On accède aux uns et aux autres par des escaliers d'extrémités; en outre, les murettes bordant les fosses de la station sont pourvues d'ouvertures latérales correspondant à d'autres baies ouvertes dans les murs supportant le quai central, de façon à permettre aux ouvriers de service la communication rapide et aisée entre les fosses et les resserres et ateliers ménagés sous le quai.

La figure 2 (pl. XXI) donne la coupe transversale de la station « Place d'Italie » avec ses fosses de visite à murettes. En ce qui concerne les couloirs à chevalets, on peut se reporter à la coupe transversale prise sur les couloirs de la boucle terminale de la ligne n° 3, au parc Monceau¹, dont les dispositions sont identiques



Fig. 48. — Couloir de visite de la boucle de la place d'Italie. Vue des chevalets avant la pose des voies.

à celles des ouvrages de même nature qui nous occupent ici ; nous donnons en outre (fig. 48) une vue de l'un de ces couloirs, muni de ses chevalets, avant la pose des longrines devant supporter les voies.

Enfin le quai central de la station S' est composé d'une plateforme en béton armé de 6,03 m. de largeur, reposant sur deux murettes latérales en maçonnerie.

q. *Ouvrage de passage du boulevard de l'Hôpital.* — La ligne n° 2 Sud sort de terre boulevard de l'Hôpital, près du carrefour du boulevard Saint-Marcel, pour franchir la Seine en viaduc en amont du pont d'Austerlitz. L'ouvrage de passage du souterrain

¹ Voir chap. IV.

au viaduc est compris entre la station « Boulevard Saint-Marcel » et la place de l'Hôpital, située devant l'entrée principale de la Salpêtrière; il comporte successivement en suivant le sens de la ligne (fig. 3 et 4, pl. XXI) :

a. Une tranchée couverte sur une longueur de .	40,40 m.
b. Une tranchée ouverte — —	65,775 —
c. Une partie en élévation	69,90 —
Soit une longueur totale de	176,075 m.

La partie formant « encombrement » de la voie publique présente ainsi une longueur de 135,675 m.

Les dispositions des diverses parties de l'ouvrage sont analogues à celles des ouvrages de même nature déjà décrits, sauf une particularité qui exige quelques explications.

Il était évidemment de toute impossibilité d'établir le viaduc et surtout la tranchée ouverte qui le précède, sur la chaussée même du boulevard de l'Hôpital. Or, le passage de la Seine se trouvait obligatoirement fixé, en raison des circonstances locales, en amont du pont d'Austerlitz, c'est-à-dire du côté de l'hôpital de la Salpêtrière par rapport à l'axe du boulevard; et c'est de ce même côté que le viaduc devait, par suite, être établi. L'autre côté du boulevard est d'ailleurs occupé, dans la partie correspondant à l'ouvrage de passage, d'abord par le Marché aux chevaux dont il était impossible d'intercepter les entrées, puis par le débouché du boulevard Saint-Marcel; en face, du côté de la Salpêtrière, on trouvait des terrains libres de constructions et clos de murs, dépendant de l'hôpital; c'est le long de ces terrains que s'effectue le passage du souterrain au viaduc; ce dernier est ensuite établi à un niveau tel qu'il laisse libre, comme sur les autres parties de lignes aériennes, une hauteur minimum de 5,20 m. au-dessus des voies d'accès qu'il franchit.

Mais un double inconvénient aurait pu être reproché à ce tracé : la destruction de la plantation de la voie publique, et l'établissement d'un obstacle définitif entre la voie publique et les terrains de l'hôpital dont l'administration de l'Assistance publique pouvait vouloir réaliser plus tard l'aliénation.

Pour parer à ces inconvénients, le tracé fut reporté vers l'ali-

gnement des immeubles, en dehors de la ligne d'arbres bordant la chaussée du boulevard. Cette solution exigeait, sur les terrains de la Salpêtrière, une emprise suffisante pour permettre non-seulement ce changement de tracé, mais encore l'ouverture d'une voie latérale assurant, dans toute la longueur intéressée, le libre accès desdits terrains; elle fut adoptée par délibération du Conseil municipal en date du 29 mars 1901, approuvée par arrêté préfectoral du 7 mai suivant. L'emprise prévue (*abcd*, fig. 3, pl. XXI) avait une largeur de 11,50 m., permettant l'établissement éventuel entre le chemin de fer et la Salpêtrière, d'une chaussée de 4 mètres de largeur entre deux trottoirs de 2 mètres; cette chaussée se raccorderait, du côté amont, avec la chaussée du boulevard de l'Hôpital, et, du côté opposé elle déboucherait dans l'un des chemins carrossables qui convergent vers l'entrée principale de la Salpêtrière. La figure 3 montre ces dispositions qui firent l'objet, entre la Ville de Paris et l'Assistance publique, d'une convention ratifiée par délibération du Conseil municipal en date du 6 mai 1903.

A l'extrémité haute de la partie en élévation de l'ouvrage de passage, ont été ménagées deux voûtes en anse de panier à trois centres ayant respectivement, 6 mètres et 7 mètres d'ouverture aux naissances. Sur ce point, le sol des terrains de la Salpêtrière se trouvant en contre-bas du niveau du boulevard, les fondations des piédroits des deux voûtes ont été descendues en conséquence (fig. 5 et 6, pl. XXI); de plus, afin d'assurer la clôture desdits terrains sur ce même point, l'ouverture des voûtes a été obturée, suivant leur alignement postérieur, par un mur pignon en maçonnerie qu'il serait aisé de démolir dans le cas où, ultérieurement, l'on voudrait établir une communication directe entre le boulevard et la chaussée latérale projetée dont il a été question plus haut.

A son extrémité contiguë au viaduc, l'ouvrage de passage se termine par deux piliers analogues à ceux qui supportent le viaduc courant, surmontés chacun d'un pylône avec cartouche sculpté aux armes de la Ville de Paris.

r. *Traversée du Chemin de fer d'Orléans (gare d'Austerlitz).* — L'avant-projet dressé en 1897, qui a servi de base à la déclaration

d'utilité publique du réseau métropolitain, prévoyait l'établissement de la ligne n° 2 Sud dans l'axe du boulevard de l'Hôpital d'où elle s'engageait, pour franchir la Seine, sur le pont d'Austerlitz (fig. 7 et 8, pl. XXI). L'impossibilité d'occuper ainsi la chaussée du boulevard et du pont, fit reporter le viaduc sur le trottoir côté des numéros impairs du boulevard, c'est-à-dire du côté de la Salpêtrière et de la gare d'Austerlitz ; ce tracé nouveau suivait l'axe du trottoir, supprimant les files de plantations qui le garnissent ; pour éviter cet inconvénient, et sauvegarder au moins la file voisine de la chaussée, la ligne fut reportée de quelques mètres vers les immeubles, comme il a été dit à l'occasion de l'ouvrage de passage précédent (1).

Le tracé ainsi défini se prolongeait, vers la Seine, jusqu'à la place Valhubert qu'il traversait pour franchir le fleuve par un viaduc spécial prévu à quelques mètres en amont du pont d'Austerlitz. La Compagnie des Chemins de fer d'Orléans, dont les bâtiments et entrées en façade du boulevard de l'Hôpital et de la place Valhubert devaient se trouver masqués et gênés par le viaduc et ses appuis, proposa une dernière et très heureuse modification : la ligne métropolitaine, quittant le boulevard de l'Hôpital à l'extrémité Nord de la place du même nom, s'infléchirait à droite pour traverser la gare d'Austerlitz à l'intérieur du grand hall central, au-dessus des voies, puis franchirait successivement le quai d'Austerlitz et la Seine au moyen d'un viaduc placé à 200 mètres environ en amont du pont d'Austerlitz. Cette solution fut finalement adoptée et réalisée.

Le tracé ainsi arrêté forme trois courbes successives de $R = 85 \text{ m.} - 200 \text{ m.} - 200 \text{ m.}$, séparées par des parties droites et traversant, à partir de l'appui 11, les dépendances de la gare d'Austerlitz : service des messageries, cour d'arrivée, gare d'Austerlitz proprement dite, comprenant les bâtiments d'arrivée, le hall central et les bâtiments de départ, puis le quai d'Austerlitz. A partir de l'appui n° 9, le viaduc se divise en travées biaises et en travées droites suivant le détail ci-après.

DÉSIGNATION des travées.	LONGUEURS des poutres.		PORTÉES entre axes des appuis.	OBSERVATIONS
	de gauche.	de droite.		
	m.	m.	m.	
Appuis 9-10	22,500	22,500	23,140	Boulevard de l'Hôpital.
10-11	22,500	20,242	22,063	
11-12	22,500	20,242	22,063	
12-13	22,500	20,242	22,063	Pénétration dans les dépendances de la gare d'Austerlitz.
13-14	25,335	26,950	26,870	
14-15	22,500	22,500	23,120	Bâtiment des Messageries .
15-16	19,500	19,500	20,220	
16-17	19,416	19,598	19,790	Cour d'arrivée.
17-18	travée droite.		15,110	
18-19	travées droites.		52,550	Salle de distribution des bagages.
19-20	travée droite.		21,370	
20-21	19,770	19,796	20,170	Traversée du hall central. , Bâtiments de départ.
21-22	16,313	18,068	17,810	
22-23	24,985	24,985	25,520	
				Cour de départ.
				Quai d'Austerlitz.

La partie la plus intéressante de cet ensemble est constituée par la traversée de la gare d'Austerlitz même qui a entraîné des modifications importantes dans les bâtiments de départ et d'arrivée et l'établissement d'un pont franchissant d'une seule volée, sans appui intermédiaire, le hall central. Les dispositions à étudier se compliquaient ici de ce fait qu'une station métropolitaine, dite « Gare d'Orléans », devait être établie dans le hall même, les accès à cette station devant être ménagés, à chacune de ses extrémités, dans les bâtiments de départ et d'arrivée.

Les ouvrages de ces accès ont été décrits précédemment ; il suffira donc de donner ici les indications touchant la station elle-même, c'est-à-dire la traversée du hall central.

Cette station est formée de deux ponts accolés, dont chacun porte l'un des quais et la voie contiguë ; les quais ont une largeur utile de 4,30 m. Le dessous des poutres est arrêté à la cote 40,30 m., laissant une hauteur libre minimum de 5,75 m. au-dessus des voies de l'Orléans, situées dans des plans de niveau variable (fig. 8, pl. XXI et 1, pl. XXII). Chacun des deux ponts est composé de deux poutres droites à treillis divisées chacune en 6 panneaux de 6,45 m. de longueur et 2 panneaux extrêmes de

6,925 m. ; ces poutres, de 6,45 m. de hauteur totale, sont distantes de 8 mètres d'axe en axe (fig. 2, pl. XXII) et supportent un tablier formé d'entretoises réunies par des voûtelettes en briques avec remplissage en béton. Les entretoises sont également réunies par quatre cours de longerons ; chaque trottoir est porté par deux poutres longitudinales dont l'une est accolée à la poutre de rive du même côté et dont l'autre n'est que le prolongement vertical du troisième longeron.

Les poutres de rives contiguës des deux ponts sont réunies par



Fig. 49. — Pénétration du viaduc dans la gare d'Austerlitz (côté de l'arrivée).

des barres en treillis disposées au droit des montants verticaux ; chaque file transversale de montants est munie, à sa partie supérieure, de barres à treillis rendant solidaires les extrémités hautes des quatre montants de chaque file.

Les deux poutres extérieures de la station sont munies, sur leur face intérieure, d'une grille de clôture, de 2,18 m. de hauteur, du type de celles adoptées pour les ouvrages de passage, mais sans écussons ornementaux sur les montants séparatifs de panneaux.

Les figures 3 à 6 (pl. XXII) montrent le plan des lieux avant et après la construction du chemin de fer métropolitain. Nous donnons, en outre (fig. 49, 50 et 51), trois vues des ouvrages de l'aspect desquels elles permettent de se faire une idée exacte :

1

11

1



La figure 51 complète très heureusement les indications précédentes et montre clairement les voies, les quais avec leurs grilles de clôture, les deux ponts accolés et la disposition des fers.

Les fondations de quelques-uns des appuis du viaduc, dans cette partie de la ligne, ont dû, en raison des circonstances locales ou de la nature du sol, recevoir des dispositions particulières qui seront décrites en même temps que les procédés d'exécution employés sur la ligne.

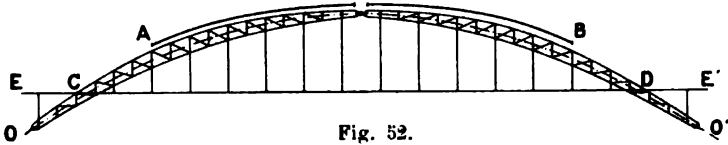
s. VIADUC D'AUSTERLITZ. — La ligne n° 2 Sud franchit la Seine, à 200 mètres environ en amont du pont d'Austerlitz, sur un viaduc construit spécialement à cet effet; à ses extrémités, ce viaduc, dit d'Austerlitz, se raccorde : sur la rive gauche, avec une suite de travées du type courant le reliant à la traversée de la gare d'Orléans; sur la rive droite, avec deux travées courbes hélicoïdales dont il sera parlé plus loin, auxquelles fait suite un ouvrage de passage situé au point de jonction des lignes n° 2 Sud et 5. La figure 1 (pl. XXIII) donne, en son ensemble, le plan de situation du viaduc et de ses abords.

Viaduc proprement dit. — 1° CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES. — Le projet du viaduc proprement dit était subordonné à deux conditions essentielles : 1° franchir la Seine par un pont métallique d'une volée unique de 140 mètres de portée pour éviter l'établissement, dans la largeur du fleuve, de piles formant obstacles pour la navigation fluviale; 2° hauteur libre maximum de 12 mètres entre le niveau de l'eau (cote 27,20) et le dessous du tablier. La combinaison de ces deux conditions rendait impossible l'emploi d'un arc surbaissé à tablier supérieur; une seule solution restait possible : recourir à un arc surélevé avec tablier suspendu.

L'emploi de ce dernier type d'ouvrage présente certaines difficultés qui ne peuvent être résolues que par des dispositions spéciales faute desquelles on s'exposerait aux inconvénients qui se sont manifestés dans des ouvrages de ce genre exécutés en Allemagne. Quelques mots d'explications à ce sujet ne seront sans doute pas superflus.

Une première difficulté résulte de l'impossibilité de contre-

venter les arcs sur toute leur longueur ; le contreventement ne peut régner que de A en B, laissant deux vides, de C en A et de B en D, pour le passage des trains (fig. 52). Or, l'absence de treillis dans un seul panneau d'une poutre à treillis rend cette dernière incapable de résister aux efforts pour lesquels elle est calculée ; les deux arcs ne constituent donc pas, en plan, avec le contreventement, un ensemble permettant de transmettre par lui-même aux appuis les efforts du vent ; entre les points C et D, c'est



le tablier seul qui permet de réaliser une poutre capable de résister aux efforts du vent sur l'ouvrage.

Pour transmettre à un niveau inférieur (celui du tablier) les efforts exercés par le vent sur les arcs, il est nécessaire que les cadres d'entretoisement constitués par les montants de suspension, les pièces de pont et les entretoises supérieures, soient très rigides et calculés pour la transmission de ces efforts ; chacune des pièces du cadre subit de ce fait des moments de flexion. La rigidité de ces cadres ne peut être obtenue qu'en donnant aux montants une grande largeur et aux pièces de pont, ainsi qu'aux entretoisements, une grande hauteur ; le contreventement AB des arcs ne doit pas entrer en compte dans les calculs : c'est le contreventement horizontal du tablier qui constitue, avec les poutrelles de bordure servant de membrures, la poutre de résistance au vent.

Il faut remarquer que l'arc opposé au vent subit, sous l'action de ce dernier, des efforts verticaux qui viennent s'ajouter aux surcharges et dont il convient de tenir compte dans les calculs.

Les efforts horizontaux exercés par le vent peuvent être transmis par le tablier, soit directement aux culées, soit aux arcs aux points C et D. Dans ce dernier cas, les retombées OC et O'D des arcs sont à calculer pour résister aux réactions exercées par le tablier ; elles doivent, par suite, être contreventées à cet effet et

renforcées pour servir de membrures. Dans le premier cas, le tablier est à calculer pour toute la portée EE' et il n'agit pas horizontalement sur les arcs.

Une autre difficulté provient de ce que, à sa rencontre avec les arcs, le tablier ne peut être fixé à ceux-ci que d'un côté ; car, s'il était fixé des deux côtés, il constituerait un tirant qui, sous l'influence de la dilatation, exercerait sur les arcs des efforts de flexion considérables et d'autant plus grands que le niveau du tablier se rapprocherait davantage de celui des articulations.

Dans ces conditions, le tablier doit être fixé d'un seul côté de l'ouvrage, en D ou en E' par exemple et il doit être disposé de façon à pouvoir se déplacer librement à l'autre extrémité (en C et E), sans exercer d'efforts longitudinaux sur les arcs.

Mais si l'on considère les déformations qui peuvent se produire, on remarque que, sous une charge dissymétrique, les points d'attaches des montants de suspension sur l'arc se déplacent horizontalement, comme l'indique la figure 53 ci-après, vers la droite quand la partie gauche du pont est chargée. De son côté, le tablier peut, par suite des variations de température, déplacer le pied desdits montants en sens inverse, par exemple vers la gauche en cas d'élévation de température ; la flexion des montants est alors celle indiquée en pointillé (fig. 53) et elle atteint son maximum au montant M, précisément le plus court. On serait ainsi conduit à donner aux montants de suspension une très faible largeur de manière à les rendre élastiques. Mais les calculs montrent que, pratiquement, on ne peut descendre à une largeur assez faible pour rester, avec le coefficient, en dessous de la limite d'élasticité ; une largeur trop faible pourrait, d'ailleurs, donner lieu à des voilements des montants.

Pour obvier à ce grave inconvénient, la Société de Constructions de Levallois-Perret a étudié une disposition donnant toute satisfaction. Elle consiste à faire suivre au tablier les mouvements de l'arc en maintenant toujours le milieu du tablier au milieu de CD, afin que les déformations des arcs ne viennent plus contrarier celles du tablier et de n'avoir plus, au maximum, pour le déplacement du pied des montants, que la dilatation de la moitié de la corde CD, au lieu d'avoir celle de la corde entière.

Le tablier est maintenu dans son milieu N (fig. 54) par deux tirants EN et NE' qui le relient aux points E et E'; ces tirants s'attachent en N sur une bielle dont l'axe central est fixé au tablier; il est aisé de se rendre compte que les tirants ainsi constitués n'apportent aucun obstacle aux mouvements des arcs.

Le calcul des déformations des montants de suspension établis dans ces conditions, montre que les coefficients de travail corres-

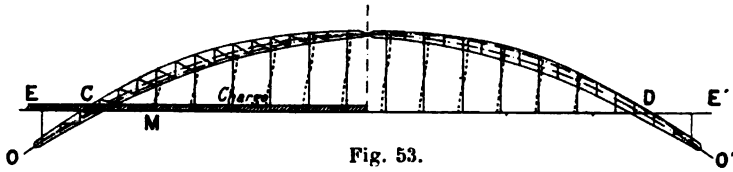


Fig. 53.

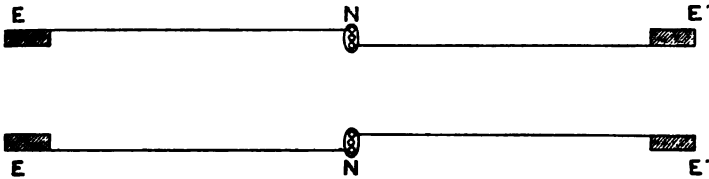


Fig. 54.

pondants peuvent rester dans les limites admises, à l'exception des montants extrêmes; mais ceux-ci, en raison de leur hauteur réduite, peuvent sans inconvénients être articulés.

Nous avons dit précédemment que les parties métalliques des viaducs de Passy et d'Austerlitz avaient été mises au concours, sur les bases d'un avant-projet dressé par l'administration municipale; chaque concurrent avait, d'ailleurs, la faculté de présenter simultanément plusieurs solutions, à titre de variantes, sous la réserve de respecter la largeur du lit de la Seine ainsi que les zones laissées libres sur les bas-ports telles qu'elles étaient indiquées sur l'avant-projet de l'Administration.

Nous donnerons en quelques lignes la consistance de l'avant-projet mis au concours, après quoi nous décrirons, dans ses parties essentielles, le projet adopté et exécuté.

2° PROJET MIS AU CONCOURS. — Le devis spécial du projet mis au concours comportait la construction, à la traversée de la Seine, « d'un pont en arc à triple articulation, de 140 mètres d'ouverture

« entre rotules, destiné uniquement au passage du chemin de fer « métropolitain ». La figure 2 (pl. XXIII) donne l'élévation de l'ouvrage proposé par l'Administration pour servir de base au concours ; les caractéristiques peuvent en être résumées comme suit :

D'axe en axe des rotules.	140,00 m.
Flèche de l'arc	28,00 —
Niveau du rail	39,56 —
Niveau des rotules	31,73 —
Hauteur de l'articulation centrale au-dessus du rail	20,17 —
Niveau du dessous du tablier	38,53 —
Passage libre au-dessus de l'eau.	11,33 —
Largeur libre.	7,20 —
Distance des montants de suspension.	8,00 —

Se conformant aux conditions imposées aux concurrents, la Société de Constructions de Levallois-Perret avait présenté un

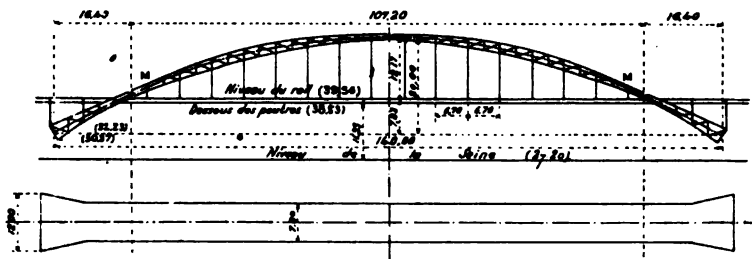


Fig. 55.

projet conforme au type ci-dessus et n'en différant que par quelques détails, notamment la flèche de l'arc qui se trouvait réduite à 24 mètres, la distance entre montants de suspension étant d'autre part ramenée à 8 mètres.

Toutefois, afin d'éviter les inconvénients inhérents à ce système, qui ont été exposés plus haut, la même maison présenta simultanément une variante aussi ingénieuse au point de vue des dispositions qu'élégante au point de vue purement esthétique, et qui fut, finalement, adoptée par la Commission municipale.

3° PROJET ADOPTÉ — La portée des arcs se trouve, dans ce projet, réduite de 140 mètres à 107,20 m. afin de diminuer un

balancement possible dans la partie supérieure de la construction qui est, à la fois, très élevée et très étroite relativement à la portée. La poussée de l'arc est reportée aux articulations de naissance sur des consoles reposant sur les culées dans lesquelles elles sont ancrées ; ces consoles peuvent, dans ces conditions, être considérées comme à peu près indéformables, aussi bien verticalement qu'horizontalement ; elles diminuent la portée, non seulement au point de vue des charges verticales, mais aussi horizontalement, en raison de leur encastrement et d'un élargissement donné au tablier sur les culées (fig. 55).

Les dimensions principales des arcs sont résumées ci-après :

D'axe en axe des appuis sur la fibre moyenne	140,00 m.	
D'axe en axe des rotules.	107,20 —	
Portée des retombées	16,40 —	
Flèche de l'arc.	20,00 —	
Niveau du rail	39,56 —	
Niveau inférieur de l'ossature aux retombées	30,37 —	
Hauteur de la rotule de clef au-dessus du rail	12,17 —	
Niveau du dessous du tablier.	38,53 —	
Hauteur libre au-dessus du niveau de l'eau	11,33 —	
Hauteur des arcs	aux reins.	2,34 —
	près des rotules.	1,14 —
	à l'appui des retombées	3,80 —
D'axe en axe des arcs	7,80 —	
Largeur libre.	6,80 —	
Distance des montants de suspension	6,70 —	

Ces indications peuvent être rapprochées des figures 3, 4 et 5 (pl. XXIII), qui donnent respectivement :

Fig. 3. — Elévation générale du viaduc et de ses abords, vue du côté amont ;

Fig. 4. — Plan général du viaduc et des travées courbes de la rive droite ;

Fig. 5. — Coupe transversale sur la rotule à la clef (suivant *a. b.* de la figure 3).

La vue d'ensemble donnée par la figure 56 permet de se faire une idée de l'impression de légèreté et d'élégance que produit le viaduc, avantage que pouvait seul permettre d'obtenir le système ingénieux étudié et proposé par les constructeurs.

Les arcs sont à trois articulations : une à la clef, deux aux

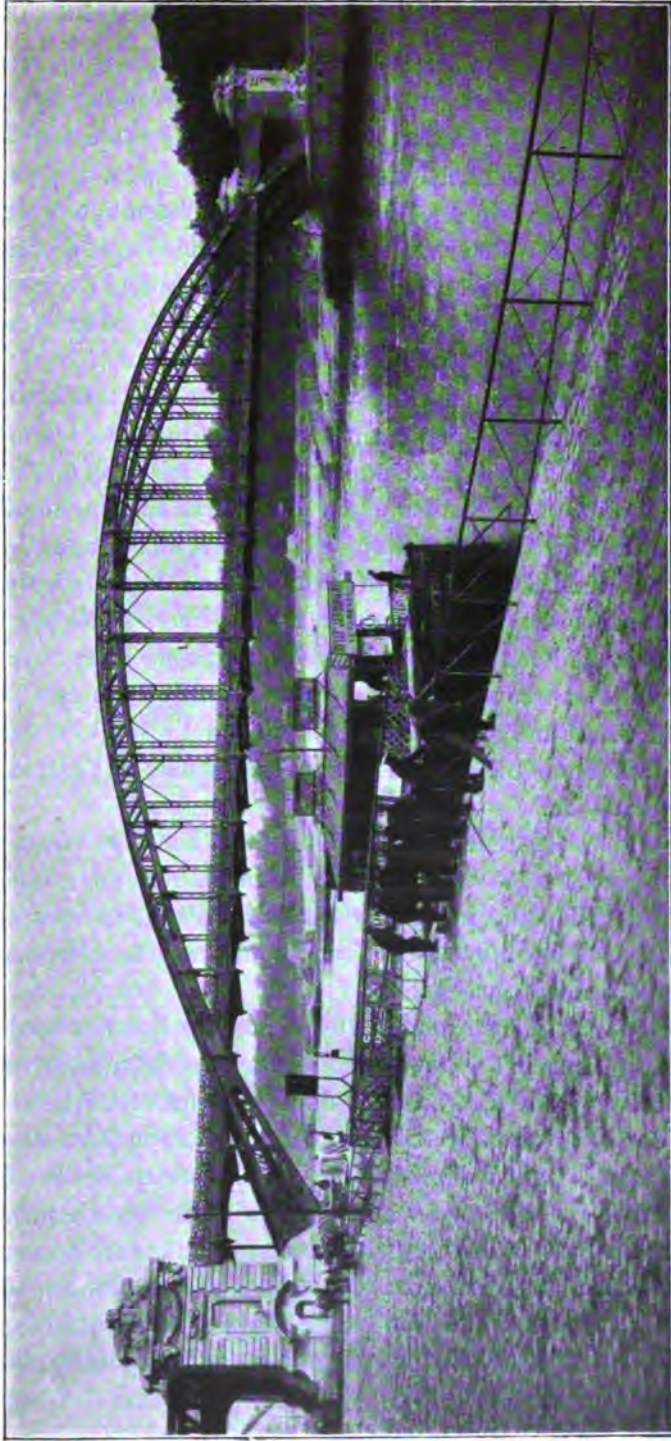


Fig. 56. — Viaduc d'Austerlitz. Vue d'ensemble, prise de la rive droite vers l'amont.

appuis sur les retombées ; ils ont la forme de deux croissants à treillis. Le tablier est relié aux arcs par un tirant articulé qui transmet à ceux-ci les efforts de freinage pour lesquels il est calculé, et il assure la liberté de déformation des arcs. Les montants de suspension ont une élasticité calculée suffisante pour permettre au tablier de se dilater, toute attache rigide de celui-ci avec les arcs étant évitée à sa rencontre avec ces derniers ; les montants d'appui et de suspension voisins des articulations d'extrémité sont articulés dans le sens longitudinal.

La résistance aux efforts horizontaux du vent est assurée par les cadres d'entretoisement verticaux constitués par les montants de suspension, les pièces de pont et les entretoises, établis et calculés à cet effet, et qui transmettent les efforts du vent sur l'arc au niveau du tablier et, par ce dernier lui-même, aux culées. Le tablier comporte deux poutres bordures qui servent de membrures à une grande poutre horizontale dont la paroi est constituée par un contreventement horizontal et par un platelage en tôle ; cette poutre horizontale exerce ses réactions aux retombées des arcs par l'intermédiaire d'une entretoise qui les transmet à son tour dans deux plans différents contreventés : le plan supérieur de l'extrados et le plan du tablier.

Au-dessus des retombées, le tablier est bordé par deux poutres bordures en trapèze donnant, sur les maçonneries des culées, une large base d'appui. Les poutres bordures sont ancrées dans ces maçonneries au moyen de tirants qui traversent les massifs et assurent une fixité complète.

Dans la partie centrale de 107,20 m., les poutres bordures du tablier, qui servent de membrures pour la résistance au vent, sont composées de manière à avoir, dans le sens vertical, une élasticité leur permettant de suivre la déformation de l'arc sans que le coefficient de travail dépasse la limite réglementaire. Il a été tenu compte de ces efforts de flexion dans le panneau central qui correspond à l'articulation de clef où se produit tout le mouvement de flexion sous l'influence des changements de température ; disons que cette disposition est préférable à celle qui consisterait à articuler les poutres bordures précisément au point où les efforts sont les plus grands.

Dans le panneau central, les longerons du tablier sont articulés et la tôle du platelage est à joint de dilatation pour éviter des efforts d'arrachement dans les attaches et les joints. Dans tous les autres panneaux, les déformations de flexion sont négligeables, la rigidité des arcs s'opposant à des déformations sensibles, et l'attache des longerons est rigide.

Chaque arc se compose de deux fermes en forme de croissant reposant sur les retombées au moyen d'articulations et butant l'une contre l'autre à la clef sur une troisième articulation. Les fermes

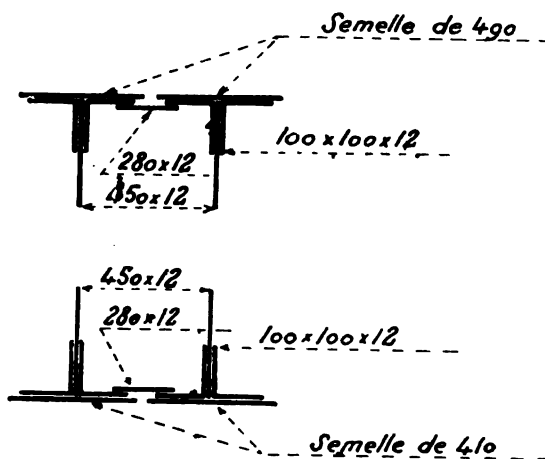


Fig. 57.

sont à treillis en N avec montants verticaux correspondant, de deux en deux, aux montants de suspension du tablier. Aux extrémités, le treillis est remplacé par une partie à âme pleine. La figure 57 donne la section de la membrure des arcs ; cette section ne varie, d'un point à un autre que par l'épaisseur des semelles qui varie avec la grandeur des efforts ; les membrures ont reçu une grande largeur pour obtenir une grande rigidité transversale. Les treillis et les montants sont composés de cornières. Chaque ferme se termine, aux deux extrémités, par une pièce en acier coulé à nervures ; ces nervures correspondent aux semelles et aux âmes et transmettent aux articulations la totalité des efforts, aussi bien à la clef qu'aux retombées.

La figure 1 (pl. XXIV) donne une coupe d'ensemble de l'ossature métallique du viaduc.

Les retombées sont constituées, comme les arcs, par des membrures et des treillis en N (fig. 2, pl. XXIV); chaque retombée est terminée, à son extrémité supérieure, par une pièce en acier coulé semblable à celle des arcs, contre laquelle s'appuie l'articulation. A la partie inférieure, elles reposent sur les maçonneries des culées au moyen de deux appuis à clavettes de réglage, en acier coulé, à nervures distribuées de manière à répartir les réactions également sur toute la surface des maçonneries; la surface de ces appuis est de 4,35 m. \times 4,10 m. pour la pièce supérieure et de 4,10 m. \times 4,10 m. pour la pièce inférieure.

L'appui des pièces d'acier sur la maçonnerie se fait par l'intermédiaire d'une couche de ciment coulé après le réglage de la construction.

Au droit des montants de suspension compris entre A et B (fig. 52), c'est-à-dire dans la partie où leur hauteur est supérieure à celle nécessaire au passage des trains, les deux arcs sont réunis par un entretoisement en croix constitué par des cornières raidies par des âmes. Entre les fermes d'entretoisement, dans le plan des membrures supérieures de l'arc, se trouve disposé un contreventement en croix de Saint-André destiné à augmenter la rigidité de la construction et à solidariser les arcs (fig. 3, pl. XXIV); pour diminuer la portée des barres de contreventement, ces dernières sont soutenues, à leur croisement, par de petites poutrelles longitudinales à treillis qui prennent leur appui au milieu des entretoisements (fig. 4, pl. XXIV). A la clef, les extrémités des fermes sont réunies, d'un arc à l'autre, par deux entretoises spéciales à treillis (fig. 2, pl. XXVI); d'autre part, au niveau des articulations d'extrémités, ces deux entretoises sont jumelées horizontalement par un treillis, en fer plat, assez flexible pour suivre les légers mouvements angulaires verticaux qui peuvent se produire aux rotules.

Les retombées sont réunies entre elles par trois entretoisements; l'un d'eux correspond au plan d'appui et est placé obliquement (fig. 5, pl. XXIV); les deux autres sont verticaux; la figure 6 donne le détail de celui qui correspond au montant I de la figure 2, Les membrures supérieures des retombées sont droites et réunies entre elles par un contreventement en croix de Saint-André (fig. 3). Les figures 1, 2 et 3, (pl. XXV) donnent respectivement :

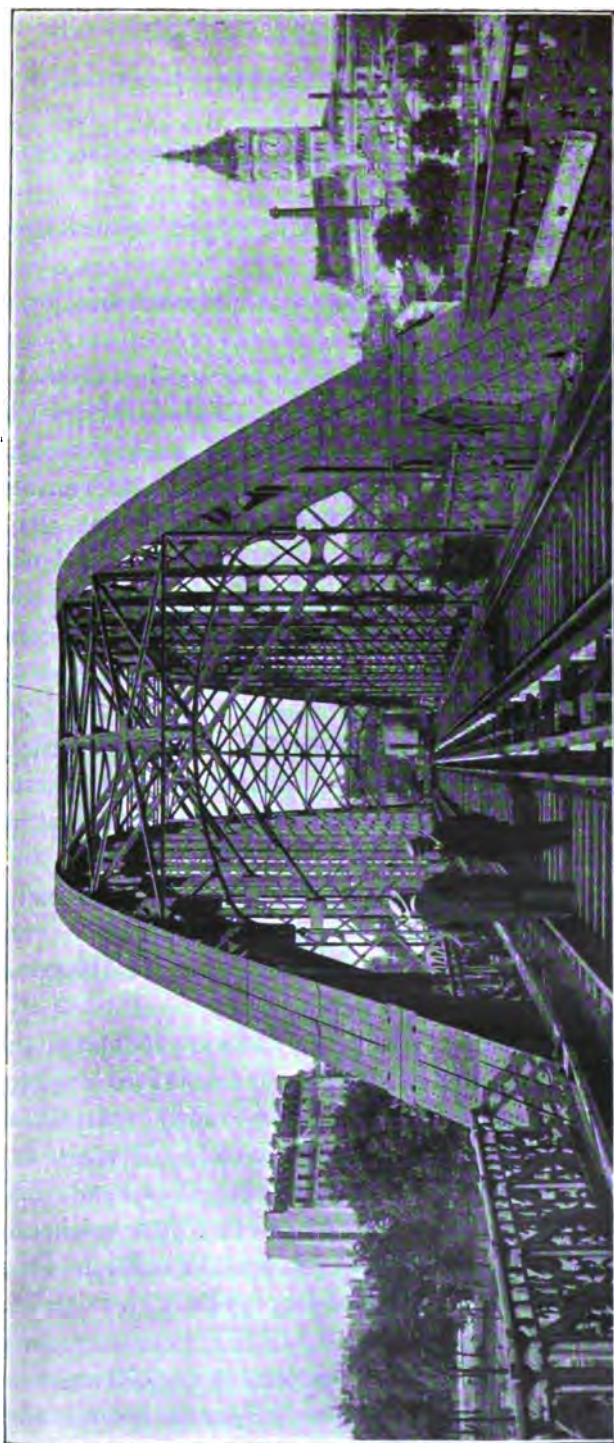


Fig. 58. — Vue intérieure, en bout, des arcs du viaduc.

Figure 1, le plan de détail du contreventement du tablier dans les retombées ;

Figure 2, le plan de détail du contreventement de l'arc dans les retombées ;

Figure 3, une coupe verticale sur l'axe du viaduc à hauteur de la rotule.

D'autre part, la figure 58 montre la vue intérieure, prise en bout, des arcs du viaduc.

Le tablier courant est contreventé par la tôle du platelage et par un robuste contreventement en croix de Saint-André à barres de section variable (fig. 4, pl. XXV). Les panneaux extrêmes du contreventement, qui transmettent les efforts aux consoles constituées par les retombées et les ancrages, se terminent par un gousset avec doublure qui peut glisser longitudinalement dans une rainure ménagée dans la pièce de pont et suivre ainsi les effets de la dilatation due aux variations de température ; transversalement, cette rainure est maintenue de manière à transmettre les réactions horizontales (fig. 4).

La tôle du plancher a une disposition correspondante pour permettre le même mouvement de dilatation ; elle est interrompue avec des redans permettant un mouvement longitudinal, mais s'opposant à tout mouvement transversal (fig. 4).

Enfin, les longerons, au lieu d'avoir une attache fixe, sont, sur ce point spécial, portés sur les pièces de pont par des consoles sur lesquelles ils peuvent glisser et permettre au tablier de suivre les mouvements de dilatation.

Le tablier est suspendu aux arcs au moyen de montants de suspension dont la section est donnée par les figures 5 et 6 (pl. XXV) ; ces montants sont à treillis composés de cornières qui leur donnent une grande rigidité transversale tout en leur laissant, dans le sens longitudinal, l'élasticité nécessaire (fig. 3 et 4, pl. XXVI). Les montants les plus courts, c'est-à-dire les plus voisins de la rencontre du tablier avec les arcs (M. fig. 55), diffèrent des montants courants, pour les raisons données plus haut, en ce qu'ils sont articulés.

Les pièces de pont ont un écartement de 6,70 m. d'axe en axe, correspondant à celui des montants de suspension qui les portent

et à l'extrémité inférieure desquels elles sont attachées au moyen de forts goussets (fig. 1 et 3, pl. XXVI). Elles sont à treillis dans la partie centrale et à âme pleine à leurs extrémités (fig. 3 et 4); leur diagramme et leur section sont donnés respectivement par les figures 5 et 6.

Les longerons correspondent exactement aux quatre files de rails (fig. 3); leur section est donnée par la figure 7; ils s'attachent sur les cornières-montants des pièces de pont et leur niveau supérieur correspond à celui de ces dernières (fig. 3 et 4). Dans le panneau central, les longerons sont articulés à leurs extrémités pour permettre au tablier de suivre le mouvement des arcs.

Les poutres bordures ont la même hauteur (0,60 m.) que les longerons (fig. 3 et 4); leur section est donnée par la figure 8; ainsi qu'il a été expliqué, elles servent de membrures pour la résistance au vent. Elles traversent les pieds des montants de suspension auxquelles elles sont reliées par des cornières d'attache (fig. 4). Leur hauteur est la même que celle des longerons afin que les plans supérieur et inférieur de ceux-ci et de celles-là correspondent; cette disposition permet d'attacher sur les cornières supérieures la tôle du platelage, et sous le plan inférieur les goussets et les barres de contreventement. A leurs extrémités, les poutres bordures viennent rencontrer les retombées sur lesquelles elles sont fixées par un assemblage à glissière permettant leur dilatation.

Le principe des tirants servant à maintenir le milieu du tablier dans une position fixe a été expliqué précédemment; ces pièces sont en cornières de $80 \times 80 \times 10$ et entièrement dissimulées à l'intérieur des poutres bordures dans lesquelles elles peuvent se déplacer librement dans le sens longitudinal, tout en étant maintenues transversalement, de distance en distance, par des cornières qui leur servent de guides et permettent d'éviter le flambage. La figure 1 (pl. XXVI) donne le détail de l'articulation des tirants dont la position en coupe transversale est représentée sur la figure 3.

Pour compléter les indications précédentes, nous donnons (fig. 9) une coupe transversale schématique de l'arc au droit du montant de suspension n° 5 de la figure 1 (fig. XXIV). La valeur des élé-

ments p et r au droit des autres montants est donnée par le tableau ci-dessous :

NUMÉROS DES MONTANTS (Fig. 1, pl. XXIV).	VALEUR DE	
	p	r
4	4,20 m.	1,60 m.
5	6,30 —	1,90 —
6	8,00 —	2,25 —
7	9,50 —	2,20 —
8	10,70 —	1,90 —
9	11,65 —	1,50 —
10	12,20 —	1,25 —

Le platelage est en tôle lisse qui présente sur la tôle striée l'avantage de se mieux prêter à l'écoulement des eaux de pluie. La tôle est raidie transversalement tous les 1,34 m. à sa partie inférieure, par une double cornière raidisseur de $60 \times 60 \times 8$ (fig. 4, pl. XXV) Le tablier se termine sur les culées par une pièce de pont portée par deux plaques d'appui en fonte. Toute la partie du tablier qui correspond aux retombées fait corps avec les culées sur lesquelles elle est ancrée.

Les poutres bordures se terminent par deux pièces en acier coulé traversées chacune par quatre boulons d'amarrage de 85 millimètres de diamètre (fig. 2 et 4, pl. XXIV).

Un garde-corps en fonte très décoratif (fig. 59) est fixé sur la paroi extérieure des poutres bordures ; cette disposition assure, entre les montants de suspension, une suite de refuges pour le personnel de la voie, au passage des trains.

Sous la même paroi extérieure des poutres de rive, ont été disposés des arcs formant raccord de ces poutres avec les montants et les pièces de pont ; les reins de ces arcs, ainsi que les extrémités supérieure et inférieure des montants, ont reçu en outre des motifs de décoration en fonte (fig. 59).

Les retombées sont masquées en partie par un motif en fonte où sont rassemblés divers attributs de navigation : dauphins, tridents, ancres, cordages, etc., harmonieusement groupés. Enfin, d'autres motifs sont appliqués sur les articulations de la clef et des

retombées. L'ensemble, dû à M. Formigé, architecte, est d'un aspect des plus heureux. Les figures 59 et 60 permettent de se rendre compte de l'effet artistique de cette décoration.

Maçonneries. — Les culées devaient satisfaire aux deux conditions suivantes : 1° résister aux poussées de l'arc total de 140 m.

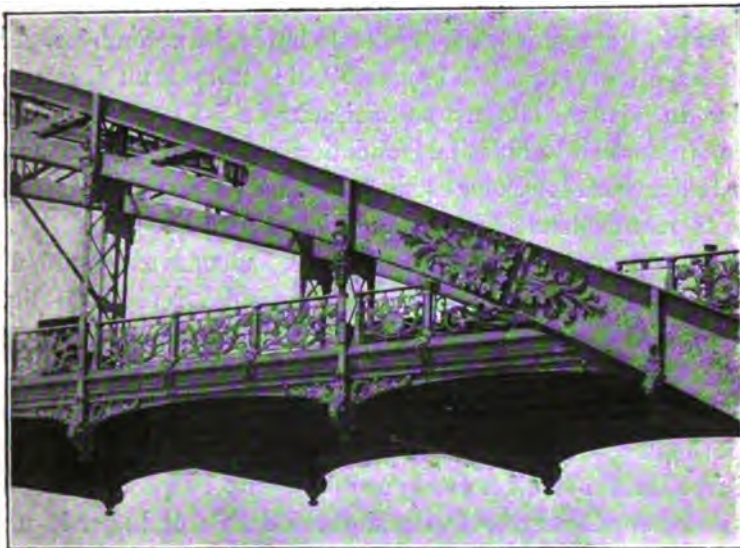


Fig. 59. — Vue du garde-corps et des motifs décoratifs des articulations inférieures et des montants de suspension du tablier.

de portée et de 20 mètres de flèche que forme l'ensemble du viaduc ; 2° servir d'attache aux tirants d'ancrage des retombées.

Pour satisfaire à la première condition, il fallait donner aux culées proprement dites une masse importante et les fonder sur un sol très résistant ; la deuxième condition exigeait une hauteur relativement considérable pour les pylônes à construire de part et d'autre du tablier.

Chacune des deux culées est construite sur un massif de fondation de 22 mètres de longueur dans le sens du fleuve et de 18 mètres de largeur, établi au moyen d'un caisson à air comprimé ; ces massifs ont été descendus jusqu'à la rencontre du calcaire dur, c'est-à-dire aux cotes respectives de 16,25 pour la culée

de rive gauche et de 17,70 pour celle de rive droite (fig. 3. pl. XXVII).

Le massif de fondation, arasé horizontalement à la cote 27,30, est surmonté, dans sa partie antérieure, par un mur formant culée de 11,05 m. d'épaisseur à la base (fig. 3 et 4); ce mur présente, du côté des terres, deux retraites successives de 0,85 m. et 1,90 m. et, du côté du fleuve, une partie inclinée, formant retraite totale de 2,80 m., qui reçoit les appareils de butée des retombées. A sa partie supérieure, arasée à la cote 38,014, un peu au-dessous du tablier du viaduc, elle a une épaisseur de 5,50 m.; sa hauteur totale, au-dessus du massif de fondation, est de 10,714 m. Dans le sens du fleuve, sa longueur est de 17,60 m. dans sa partie inférieure et de 14 mètres dans sa partie supérieure (fig. 4).

La culée proprement dite est flanquée, à chaque extrémité, d'un pylône renfermant les appareils d'ancrage des retombées (fig. 1 et 2, pl. XXIV). Les quatre pylônes ainsi construits pour l'ensemble de l'ouvrage ont une hauteur de 17,50 m. au-dessus du massif de fondation et dominant la culée de 6,786 m.; ils ont reçu une ornementation très soignée due, comme celle du viaduc, à M: l'architecte Formigé. La figure 60 donne l'aspect d'ensemble du pylône amont de rive droite, de la retombée et du garde-corps du viaduc, ainsi que de l'origine des travées hélicoïdales faisant suite au viaduc sur la rive droite.

t. *Travées hélicoïdales.* — Sur la rive droite, après le viaduc d'Austerlitz, la ligne se prolonge, suivant une courbe de 75 mètres de rayon comprise dans un angle de près de 90° et traversant le port de la Rapée pour aboutir à la place Mazas (fig. 4. pl. XXIII). Les exigences du profil en long, étudié en vue du passage du viaduc (ligne n° 2 Sud) au souterrain (ligne n° 5), combinées avec la nécessité de ménager, autant que possible, la libre circulation sur le port de la Rapée, ont conduit à franchir ce dernier au moyen d'un viaduc présentant une pente longitudinale de 0,04 m. par mètre. Ce point déterminé, il restait à fixer le type du viaduc à construire.

Jusqu'alors, pour les parties de lignes métropolitaines aériennes en courbe, on avait eu recours à des travées trapézoïdales à poutres de rive surécartées de façon à permettre l'inscription des voies

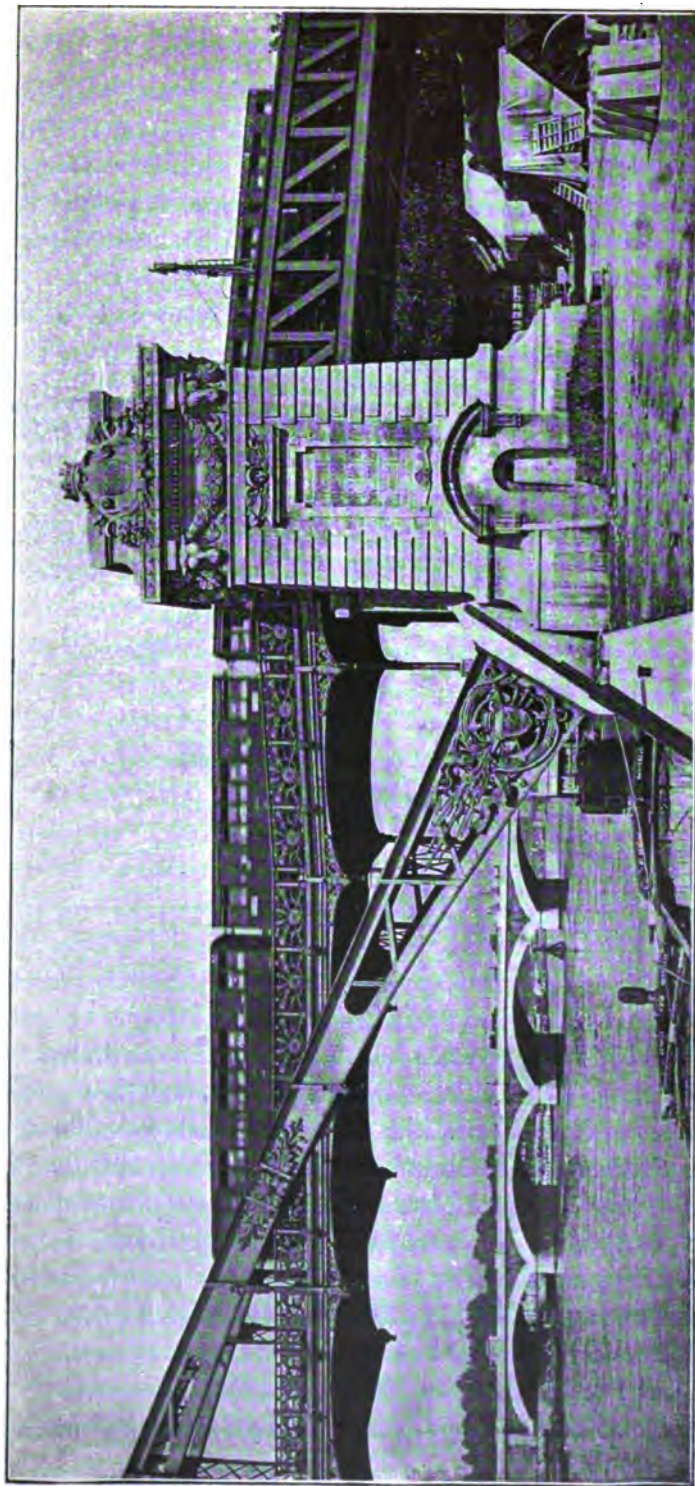


Fig. 60. — Vue d'ensemble du pylône amont de la rive droite.

suivant la courbe fixée. Si, au point de vue de la stabilité, aucune critique ne pouvait être formulée contre ce système, il n'en eut peut-être pas été de même pour la partie qui nous occupe ici, faisant suite à un ouvrage d'un réel caractère artistique et traversant un endroit découvert qui devait en laisser toutes les parties très en vue.

Les projets présentés au concours pour le viaduc d'Austerlitz,

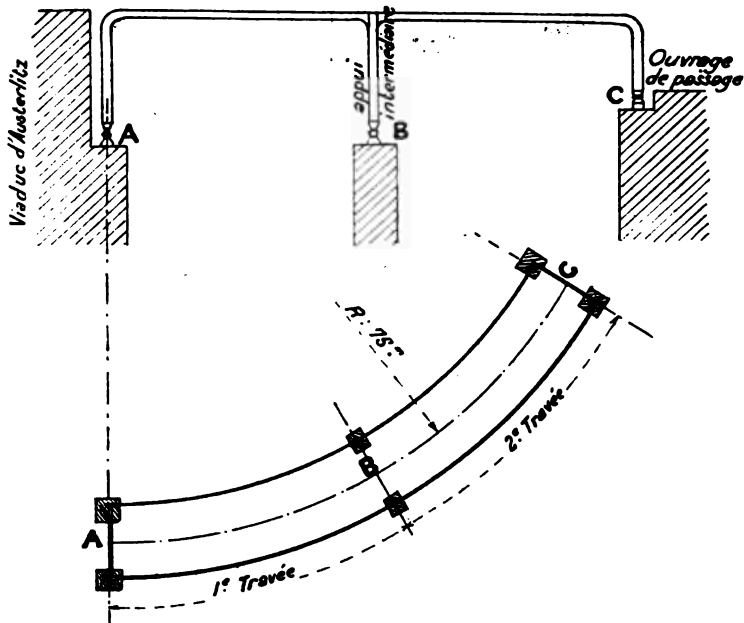


Fig. 61.

devaient comprendre, en outre du viaduc proprement dit traversant la Seine, la partie lui faisant suite dont il vient d'être parlé. On sait que le projet de la Société de Constructions de Levallois-Perret fut adopté; toutefois, la Commission décida d'en écarter les travées de rive droite et adopta, pour ces dernières, les dispositions présentées par la maison Daydé et Pillé. Ces dispositions qui constituaient une véritable innovation, méritent de retenir l'attention, tant par leur ingéniosité que par les difficultés qu'il a fallu vaincre pour déterminer les efforts auxquels l'ouvrage devait être soumis et la résistance que devaient offrir ses éléments constitutifs.

Le cadre dont nous disposons ne nous permet pas d'entrer dans

le détail des calculs très complexes auxquels l'ouvrage a donné lieu. Nous nous bornerons donc à quelques indications générales sur les points singuliers du problème.

Disons de suite que l'ouvrage proposé consistait en un viaduc à deux travées continues dont les poutres principales, concentriques en plan aux voies ferrées, et présentant en élévation la pente nécessaire, prenaient appui, à une extrémité et au milieu, sur des piédroits métalliques avec lesquels elles étaient assemblées de façon rigide, et à l'autre extrémité sur une culée en maçonnerie par l'intermédiaire d'appuis à dilatation. La figure 61 donne le schéma de cet ensemble.

Or, lorsqu'une travée de ce genre est chargée d'un poids uniformément réparti dans toute sa longueur, les charges supportées par chacune des poutres de rives sont inégales, la poutre extérieure étant évidemment la plus chargée; la travée subit un effort de torsion qui tend à la faire pivoter, autour de son axe longitudinal, du côté de la poutre surchargée. Les efforts supportés par les deux poutres ne sont donc pas identiques et il devient nécessaire de leur donner des sections différentes calculées en vue de la nature et de l'importance des efforts propres à chacune d'elles.

D'autre part, pour résister aux efforts de déversement vers l'extérieur exercés sur les poutres en raison de leur courbure, on doit donner aux montants de ces dernières et aux pièces de pont avec lesquelles ces montants sont assemblés, une rigidité capable d'annuler l'effort de déversement et d'éviter toute déformation transversale de la section. Enfin, le problème se compliquait, dans l'espèce, du fait que l'ouvrage était formé de deux travées continues, assemblées rigidement avec deux des trois appuis.

Ceci posé, nous résumons très brièvement ci-après la méthode suivie pour l'établissement de la note de calculs de l'ouvrage.

On a d'abord déterminé, par les méthodes ordinaires, les réactions des appuis et les moments fléchissants correspondant aux charges verticales des poutres supposées planes. Appliquant aux moments M ainsi obtenus, la formule $M^t = 2M \sin \frac{\alpha}{2}$ dans laquelle α représente l'angle au centre correspondant à un panneau de poutre principale, on a obtenu les moments transversaux M^t produits sur chaque poutre par la courbure.

Ces moments M^1 sont supportés par l'armature transversale constituée par les pièces de pont et les montants avec lesquels elles sont assemblées rigidement ; ils donnent naissance, en chaque point, à un couple agissant sur l'ensemble de l'armature et produisant simultanément, sur les deux poutres, des efforts verticaux inverses qui donnent lieu, dans les poutres développées, à de nouveaux moments fléchissants M^2 . Les sections des membrures doivent être établies en tenant compte, pour chaque élément, de la somme des moments $M + M^2$.

Connaissant les réactions sur les appuis, les moments aux extrémités de chaque travée et les efforts agissant sur chaque point, on a pu calculer les efforts tranchants.

Par cette même méthode, ont été calculés les efforts dus aux variations de température, au freinage des trains et à la force centrifuge produite par le passage de ces derniers.

Les moments fléchissants M^F produits par les couples transversaux dans les sections correspondant aux montants, ont été établis en partant du moment maximum définitif en chaque point. C'est au moyen de la somme des moments $\pm M^F$ et de ceux résultant des charges directes sur les pièces de pont qu'on a déterminé les sections de ces dernières. De même, on a tenu compte, pour le calcul des montants, des moments fléchissants produits transversalement sur eux et des efforts longitudinaux exercés sur les poutres.

Ces quelques indications, bien que trop sommaires sans doute, feront ressortir l'intérêt que présente cet ouvrage original dont la description suit.

Le viaduc hélicoïdal présente une pente de 0,04 m. par mètre, dirigée du fleuve vers la place Mazas ; il se compose de deux travées solidaires, en courbe de 75 mètres de rayon sur l'axe, dont la première en partant du viaduc d'Austerlitz, a une portée axiale de 37,862 m. et la seconde une portée de 32,441 m. (fig. 4, pl. XXIII et fig. 1, 2, pl. XXVIII). La longueur totale du viaduc hélicoïdal est donc de 70,303 m. d'axe en axe des appuis extrêmes. L'ensemble repose sur deux piédroits à rotule (A et B, fig. 61) et sur une culée en maçonnerie par l'intermédiaire d'appareils d'appui à dilatation (C). Les figures 3, 4 et 6 (pl. XXVIII) donnent la

coupe de l'ouvrage au droit de chacun de ces trois appuis.

La largeur entre axes des poutres de rive, mesurée suivant le rayon, est de 8 mètres (fig. 4, pl. XXIX). La pente de 0,04 m. par mètre est établie sur l'axe du viaduc; d'autre part, les pièces de pont, placées suivant le rayon, sont horizontales: de ces dispositions, il résulte que la pente diffère pour chacune des deux poutres et que, par suite, le tablier *décrit une surface hélicoïdale*.

Les pièces de pont sont espacées de 2 mètres en moyenne sur l'axe du viaduc; leur section courante est formée d'une âme de 610×10 , assemblée par quatre cornières de $\frac{90 \times 90}{12,5}$, à des semelles de 350 millimètres de largeur sur 35 ou 43 millimètres d'épaisseur, selon leur emplacement. Les figures 5 (pl. XXVIII) et 4 à 6 (pl. XXX) donnent respectivement: la première, une coupe transversale courante du viaduc; les autres, le détail d'une pièce de pont et des montants correspondants.

On a vu plus haut que les pièces de pont ayant à résister non seulement aux charges verticales, mais aussi aux moments transversaux dus à la courbure de l'ouvrage, étaient réunies aux montants des poutres par des assemblages très rigides.

Cette rigidité indispensable est obtenue simplement par l'emploi d'une âme continue pour la pièce de pont et les montants correspondants; cette âme s'élargit en forme de gousset à arête intérieure courbe suivant un arc de 0,75 m. de rayon et est bordée de cornières et semelles incurvées suivant le même rayon.

Les poutres principales, de 3 mètres de hauteur, sont espacées de 8 mètres d'axe en axe et forment chacune une surface cylindrique continue sur toute l'étendue des deux travées; elles reposent sur les trois appuis dont il a été parlé plus haut. Chacune des membrures, en forme d'hélice, comporte deux âmes de 500×11 , espacées de 0,340 m.; chaque âme est bordée par 3 cornières: deux de $\frac{90 \times 90}{11}$ assemblées aux semelles des membrures, et une de $\frac{80 \times 80}{11}$ le long du bord libre auquel elle donne la rigidité voulue; les cornières bordures sont, dans chaque membrure, réunies par un treillis en fer plat. Les semelles, de 0,600 m. de largeur, sont assemblées sur les quatre cornières de $\frac{90 \times 90}{11}$; leur nombre varie selon les indications du calcul.

Les panneaux des poutres sont à treillis en N (fig. 2 et 3, pl. XXIX); leur section en I comporte une âme de 10 millimètres reliée par des cornières de $\frac{90 \times 90}{12}$ à des semelles de largeur variable (de 250 à 350 millimètres) et de 8 à 44 millimètres d'épaisseur; ces pièces sont assemblées aux âmes des membrures par des goussets découpés; il convient de remarquer que les diagonales sont cintrées en hélice suivant la surface cylindrique des poutres.

Les semelles intérieures des montants sont disposées en deux parties dans l'intervalle desquelles vient se placer l'âme commune des pièces de pont et des montants.

Pour résister aux efforts résultant des poussées sur les piédroits, de la force centrifuge, du freinage et du vent, les membrures inférieures sont réunies par un robuste contreventement dont les barres sont disposées suivant les diagonales de chacun des trapèzes formés par les membrures inférieures des poutres et par les pièces de pont de numéros impairs (fig. 1, pl. XXIX); dans la première travée, ces barres sont formées d'une âme verticale de 200×12 , bordée de deux cornières de $\frac{90 \times 90}{12}$ leur assurant, malgré leur longueur, une rigidité suffisante (fig. 7, pl. XXX); dans la petite travée, elles sont constituées par une âme de 170×10 et de cornières de $\frac{80 \times 80}{10}$ (fig. 8, pl. XXX).

A leur point de croisement, les quatre barres formant les diagonales de contreventement de chaque panneau sont reliées au moyen de deux goussets suffisamment grands; ce point de croisement est situé sur l'axe des pièces de pont de numéros pairs (fig. 1, pl. XXIX). Lesdits goussets sont assemblés sur le bord de la semelle inférieure de premier rang des pièces de pont; cet assemblage est complété par un couvre-joint réunissant le gousset et les cornières membrures. La figure 7 (pl. XXVIII) donne le plan d'ensemble du contreventement de la première travée.

En dehors des charges verticales, les piédroits supportant les poutres doivent, en raison de leur assemblage rigide avec ces dernières, transmettre au massif de fondation les poussées horizontales et les efforts dus à l'action du vent, du freinage des trains et de la force centrifuge.

Les figures 1 à 7 (pl. XXXI) donnent le détail d'un piédroit

amont, contigu à la culée de rive droite du viaduc sur la Seine ; le même détail est donné par les figures 8 à 15 en ce qui touche l'un des piédroits de l'appui situé à la jonction des deux travées.

Ces piédroits sont constitués en forme de poutre-caisson pré-



Fig. 62. — Appareil d'appui de l'un des piédroits du portique central.

sentant des parois de 1,40 m. de largeur sur 11 millimètres d'épaisseur réunies aux semelles par des cornières de $\frac{90 \times 90}{11}$; les semelles, de 0,60 m. de largeur, comme celles des poutres, ont une épaisseur variable suivant les efforts exercés en chaque point. Chaque piédroit est terminé, à sa partie inférieure, suivant un plan oblique établi normalement à la résultante des actions exercées ; il est assemblé par 8 boulons de 30 millimètres au balancier supérieur de l'appareil d'appui.

Les appareils d'appui, tant des piédroits que de l'extrémité aval sur culée, sont en acier coulé.

Pour les deux piédroits amont, la charge maxima calculée



Fig. 63. — Vue d'ensemble des travées hélicoïdales.



Fig. 64. — Travées hélicoïdales. Vue du point de jonction avec l'extrémité, côté rive droite, du viaduc d'Austerlitz.

ressort à 267 tonnes ; les appareils d'appui ont 1,10 m. de longueur sur 0,90 m. de largeur ; leur rotule, en acier forgé, a un diamètre de 0,16 m. et une longueur de 0,76 m.. La charge des piédroits centraux est de beaucoup supérieure à celle ci-dessus : elle s'élève à 563 tonnes ; les appareils d'appui ont en plan $1,70 \times 1,60$ m. ; leur rotule a 0,90 m. de longueur et un diamètre de 0,25 m. La figure 62 ci-avant montre l'un de ces appareils et la partie inférieure du piédroit correspondant ; à droite, en haut, on aperçoit le dessous du tablier et un panneau de contreventement de ce dernier.

Les portiques réunissant les deux piédroits de chaque appui (fig. 2 et 3, pl. XXVIII), sont constitués par ces deux piédroits mêmes et la pièce de pont qui relie leur sommet ; ils transmettent aux appareils d'appui les réactions horizontales du contreventement et supportent les composantes transversales des poussées ; ces forces tendent à les déformer suivant un parallélogramme. Leur composition a été étudiée et établie pour résister à ces efforts de déformation ; elle consiste en une ferme double constituée par deux âmes de 8 millimètres bordées par des semelles de 320×33 . Dans la partie horizontale, les âmes ont 1,20 m. de hauteur ; la partie verticale, accolée aux piédroits, est variable ; les semelles se raccordent avec celle de la partie horizontale par une courbe de 0,90 m. de rayon.

Les figures 4 à 4 (pl. XXXII) donnent le détail du portique amont ; celui du portique central est représenté par les figures 16 à 19 (pl. XXXI).

Enfin, les eaux traversant le ballast s'écoulent, par des tuyaux scellés dans les voûtelettes et munis d'une crépine, dans un chéneau en \sqcup de 0,25 m. suspendu aux pièces de pont ; les eaux sont ainsi dirigées vers la culée aval où un chéneau transversal les reçoit et les conduit aux tuyaux de descente.

La figure 63 montre l'aspect général des travées hélicoïdales et de leur liaison avec le viaduc d'Austerlitz, d'une part, et l'ouvrage de passage de la place Mazas, d'autre part. Sur la figure 64, on voit l'origine des dites travées ; au premier plan, le platelage du viaduc d'Austerlitz avec les pièces de support des traverses de voie ; au second plan, la surface du platelage des travées hélicoïdales, avant mise en place du ballast.

u. *Ouvrage de passage de la place Mazas.* — Le point de soudure des lignes n^{os} 2 Sud et 5 est situé place Mazas, en face du boulevard Diderot. La première de ces lignes étant en viaduc, aux abords de ce point, et la seconde en souterrain, la jonction s'effectue au moyen d'un ouvrage de passage (fig. 5, pl. XXXII). Ce dernier est du type de ceux déjà décrits et nous ne nous y arrêterions pas s'il ne présentait une particularité de détail : c'est que son extrémité haute sert de culée pour l'about aval des travées hélicoïdales ci-dessus décrites. Les figures 6 à 9 (pl. XXXII) montrent les dispositions de la tête de l'ouvrage.

Il convient de remarquer que, de cet ouvrage, la partie en élévation est seule comprise dans la ligne n^o 2 Sud, le surplus (partie en tranchée) formant l'origine de la ligne n^o 5. La figure 5 (pl. XXXII) montre clairement cette disposition.

XV. — EXÉCUTION DES TRAVAUX

Comme pour les lignes précédentes, nous nous bornerons à signaler brièvement ou à décrire, selon le cas, les particularités intéressantes qu'a pu présenter, sur chaque lot d'entreprise, l'exécution des travaux, sans entrer dans des détails qui ne sauraient trouver place que dans les traités spéciaux relatifs à l'art de l'ingénieur et du constructeur.

Toutes indications utiles ont été données précédemment touchant le plan et le profil en long du tracé, les types d'ouvrages courants ou spéciaux, la division en lots d'entreprises, etc. Pour éviter des redites, nous ne pouvons qu'engager le lecteur à se reporter, en tant que de besoin, à ces indications.

Le devis et cahier des charges applicable aux entreprises de la ligne n^o 2 Sud stipulait que l'ouvrage courant en souterrain pourrait être exécuté au moyen d'un bouclier ou de tout autre engin équivalent. Disons de suite que, sur aucun lot, il n'a été fait usage d'appareils de ce genre.

1^{er} lot. — Le programme de l'entrepreneur comprenait, en premier lieu, l'établissement d'une passerelle de service en bois entre le point où le profil pénètre dans le flanc du coteau de Passy,

c'est-à-dire vers le milieu de la rue Alboni, et une estacade en Seine, le long du bas-port de Passy, en amont de l'emplacement projeté du viaduc de ce nom (fig. 1 à 3, pl. XXXIII). Un treuil devait être installé à l'extrémité haute de ladite passerelle pour actionner un câble amenant les matériaux en utilisant la force produite par la descente des wagonnets de déblais; ce treuil devait être déplacé, en remontant dans la galerie, au fur et à mesure de l'avancement. Nous verrons plus loin que des circonstances spéciales rendirent ce dispositif en partie inutilisable; nous le signalons néanmoins en raison de son ingéniosité.

Le terrain rencontré était formé, sous la rue Alboni, de remblais très inconsistants alors que, sous la rue Franklin, l'on se trouvait en pleine masse du calcaire grossier. Les procédés d'exécution durent, nécessairement, varier dans ces deux parties et être appropriés à la nature du sol de chacune d'elles.

Dans le remblai de la rue Alboni, l'attaque se fit, en remontant vers l'origine du lot, par une galerie d'avancement placée à la partie supérieure du profil en travers du souterrain; puis, en vue du fonçage de puits de consolidation devant descendre jusqu'au sol dur, on creusa des galeries latérales formant abatages et disposées en quinconce de façon à éviter le découpage d'une tranche complète de terrain; c'est du fond de ces galeries latérales que furent creusés les puits dont le plus profond descendait à plus de 20 mètres au dessous de la surface du sol, soit à 12 mètres au-dessous du niveau du rail. Dès que deux puits situés en face l'un de l'autre étaient bétonnés, on construisait l'anneau de voûte correspondant qui, reposant sur une base ferme, non seulement ne pouvait bouger, mais encore consolidait le terrain voisin.

Deux anneaux consécutifs étant ainsi construits, on procédait à l'abatage compris entre eux et à la maçonnerie de la portion de voûte correspondante en donnant à celle-ci, à son extrémité près des naissances et dans le sens longitudinal du souterrain, la forme d'une voûte s'appuyant sur les deux puits voisins (*a* fig. 8, pl. XXXIII) De la sorte, une grande partie du poids du terrain à soutenir était reportée sur les puits et l'on facilitait en même temps l'exécution ultérieure, en sous-œuvre, du piédroit situé entre les puits (*b*).

Ces différentes phases sont traduites par les figures 4 à 8

(pl. XXXIII) que nous complétons par les indications ci-après :

Figure 4. *Première phase.* — Percement de la galerie d'avancement à la partie supérieure de la section du souterrain.

Figure 5. *Deuxième phase.* — 1° Percement, en quinconce, de demi-abatages de 2,50 m. de largeur au fond desquels sont creusés les puits de consolidation; 2° Remplissage des puits en béton jusqu'aux naissances de la voûte comprises, la partie du piédroit correspondant au parement intérieur de cette dernière étant moulée au moyen d'un coffrage.

Troisième phase. — Dès la prise de la maçonnerie du demi-abatage ci-dessus, percement du demi-abatage situé en face du précédent, fonçage et bétonnage du puits, élévation du piédroit et de l'amorce de voûte.

Figure 6. *Quatrième phase.* — Construction sur cintres de l'anneau de voûte rejoignant les deux amorces déjà faites.

Après cette quatrième phase, construction, par les mêmes moyens que ci-dessus, de la voûte des anneaux intermédiaires, puis établissement des piédroits correspondants comme il vient d'être expliqué.

Figure 7. *Cinquième phase.* — Après achèvement des anneaux intermédiaires, enlèvement du stross, puis construction en béton des voûtes d'arête, supportant le radier, et de ce dernier lui-même.

Enfin, *sixième et dernière phase.* — Application des enduits.

L'encombrement produit par les étalements nécessités par la nature ébouleuse du sol dans cette partie de la rue Alboni, rendit inutilisable, dans cette même partie, le système de transport des terres et matériaux dont il a été parlé.

Sous la rue Franklin, où le souterrain devait être creusé en pleine masse de roche (calcaire grossier), on dut avoir recours à la poudre de mine. Le travail était, ici, conduit comme suit :

1° Percement d'une galerie d'avancement à la partie supérieure de la section du souterrain ;

2° Abatages effectués consécutivement et sur toute la largeur de la section ;

3° Construction de la voûte (en meulière) ;

4° Débitage et enlèvement du stross ;

5° Construction des piédroits (en béton) en sous-œuvre, par parties de 3 à 5 mètres ;

6° Déblaiement et bétonnage du radier ;

7° Application des enduits.

Afin d'activer l'avancement du travail, rendu très pénible par la difficulté d'extraction de la roche, souvent extrêmement dure, les points d'attaque des abatages avaient été multipliés le long de la galerie d'avancement. En outre, et dans le même but, l'entrepreneur avait ouvert, le long de la rue Franklin, quatre puits de service en vue de l'enlèvement des déblais de roche et de l'approvisionnement des matériaux.

L'établissement des fondations de la partie en élévation de la station « Quai de Passy » et du viaduc courant de la rue Alboni n'a présenté rien de particulier.

Nous ajouterons quelques mots au sujet des injections de ciment couramment pratiquées sur les travaux du Métropolitain. Une fois terminées, les maçonneries de la voûte se trouvent, la plupart du temps, séparées du terrain environnant par les planches du coffrage primitif, qu'il serait difficile, sinon impossible d'enlever sans provoquer des éboulements ; derrière ces planches subsistent des vides qu'il est nécessaire de combler et il y a intérêt, d'autre part, à empêcher la pourriture des bois pour éviter des tassements ultérieurs qui se propageraient jusqu'à la surface du sol. On parvient à ce double résultat en procédant systématiquement à des injections de mortier de ciment liquide derrière les maçonneries. Ces injections se font par des trous que l'on ménage dans la voûte au cours de la construction et que l'on garnit de tuyaux en poterie de 0,02 m. de diamètre ; elles s'étendent sur toute la surface des voûtes et jusqu'à 0,50 m. au-dessous des naissances. Un tuyau flexible réunit l'injecteur au trou d'injection et la pénétration du mortier dans les vides du sol et autour des planches du coffrage s'obtient par le moyen d'air comprimé qu'une pompe refoule dans le réservoir.

Ces injections ont été pratiquées sous la rue Alboni pour les motifs mêmes qui viennent d'être exposés ; il a été fait de même sous la rue Franklin pour boucher les crevasses, produites dans la masse de roche ainsi que les vides subsistant entre cette der-

nière et la maçonnerie par suite de l'impossibilité d'en dresser exactement le parement.

2^e lot. — *Viaduc de Passy*. — L'ancienne passerelle de Passy occupant l'emplacement prévu pour le viaduc métropolitain, il fallait tout d'abord faire place nette en la supprimant ; toutefois, la communication entre les quartiers de Passy et de Grenelle ne pouvant être interrompue pendant la durée assez longue des travaux, il convenait d'aviser au moyen de la maintenir, soit en établissant une nouvelle passerelle en dehors de l'emprise du viaduc, soit en déplaçant la passerelle existante. Ce dernier parti fut, après examen, finalement adopté comme plus rapide et plus économique ; il est rendu compte plus loin, en détail, de l'opération très intéressante à laquelle a donné lieu le déplacement ainsi décidé.

Dans un ouvrage tel que le viaduc de Passy, la question des fondations était, on le conçoit aisément, absolument capitale. Les conditions du sous-sol, reconnues au moyen de sondages préalables, n'étaient guère favorables ; mais le système du cantilever adopté pour la structure métallique, a permis de réduire les fondations au minimum.

Le lit du fleuve est, en ce point, creusé dans des couches argileuses de grande épaisseur au-dessous desquelles les sondages avaient permis de reconnaître, aux environs de la cote 12, c'est-à-dire à 15 mètres en contre-bas du niveau de la Seine, la présence de couches de marne dépendant de l'étage du conglomérat de Meudon : ces couches offraient seules une sécurité de fondation suffisante ; mais il fallait traverser, pour y arriver, les alluvions et les argiles. L'emploi de l'air comprimé était donc indispensable.

Cependant l'île des Cygnes correspond à une sorte de loupe formé par des marnes superposées aux argiles et appartenant à l'étage du calcaire grossier ; cette couche présentait assez d'épaisseur pour qu'on pût y arrêter la fondation de l'ouvrage spécial de l'île qui a été, en conséquence, fondé sur lesdites marnes au moyen de pilotis, au nombre de 802 et d'une hauteur moyenne de fiche de 8 mètres (fig. 9, pl. XXXIII). La fouille put ainsi être arrêtée à la cote 23,50, c'est-à-dire à 3,50 m. seulement au-dessous du

niveau du fleuve. Sur le plan ainsi arasé fut établie une assise de béton au mortier de chaux éminemment hydraulique, de 2 mètres d'épaisseur, s'étendant sous l'ensemble de l'ouvrage (fig. 10 et 11, pl. XXXIII). L'établissement de cette fondation a été exécuté, naturellement, à l'air libre, à l'abri d'un batardeau étanche entourant la totalité du chantier ; commencé en novembre 1903, il fut achevé en février 1904. Les maçonneries, entreprises aussitôt après, furent interrompues pendant dix-huit jours, en février et mars 1904, par suite d'une crue de la Seine qui inonda le chantier ; le gros-œuvre de la partie inférieure fut achevé en février 1905 et l'ouvrage supérieur au mois de juin suivant. La figure 65 montre la vue générale du chantier au début des maçonneries de la partie inférieure.

Les fondations des culées de Grenelle et de Passy, ainsi que celles des piles en rivière des deux bras de la Seine, ont été établies au moyen de caissons foncés à l'air comprimé. Ces travaux ont été conduits dans les conditions usitées en pareil cas et ne donnent lieu à aucune remarque particulière. Les caissons des deux culées ont été montés sur l'emplacement même du fonçage ; ceux des piles, montés préalablement sur le bas-port de Javel, ont été amenés en place par flottage.

Les fondations de ces divers ouvrages ont été descendues, comme il est dit plus haut, sur les marnes de Meudon. Le tableau ci-après donne les profondeurs ainsi atteintes au-dessous du niveau du fleuve.

Désignation des ouvrages.	Niveau moyen de la Seine.	Fond de fouille.	Différence.
Culée de Passy	27,00	12,00	15,00
Grand bras (pile n° 1	—	11,60	15,40
(pile n° 2	—	10,24	16,76
Petit bras (pile n° 3	—	9,95	17,05
(pile n° 4	—	11,03	15,97
Culée de Grenelle	—	10,80	16,20

Pour la culée de Passy, le fonçage du caisson a été exécuté de juillet à septembre 1903 : la culée elle-même fut terminée en février 1904 et le pylône en décembre suivant. Le fonçage du caisson de la culée de Grenelle, entrepris en septembre 1903, fut terminé en novembre de la même année et suivi aussitôt de l'exécution des maçonneries, achevée en juillet 1904.

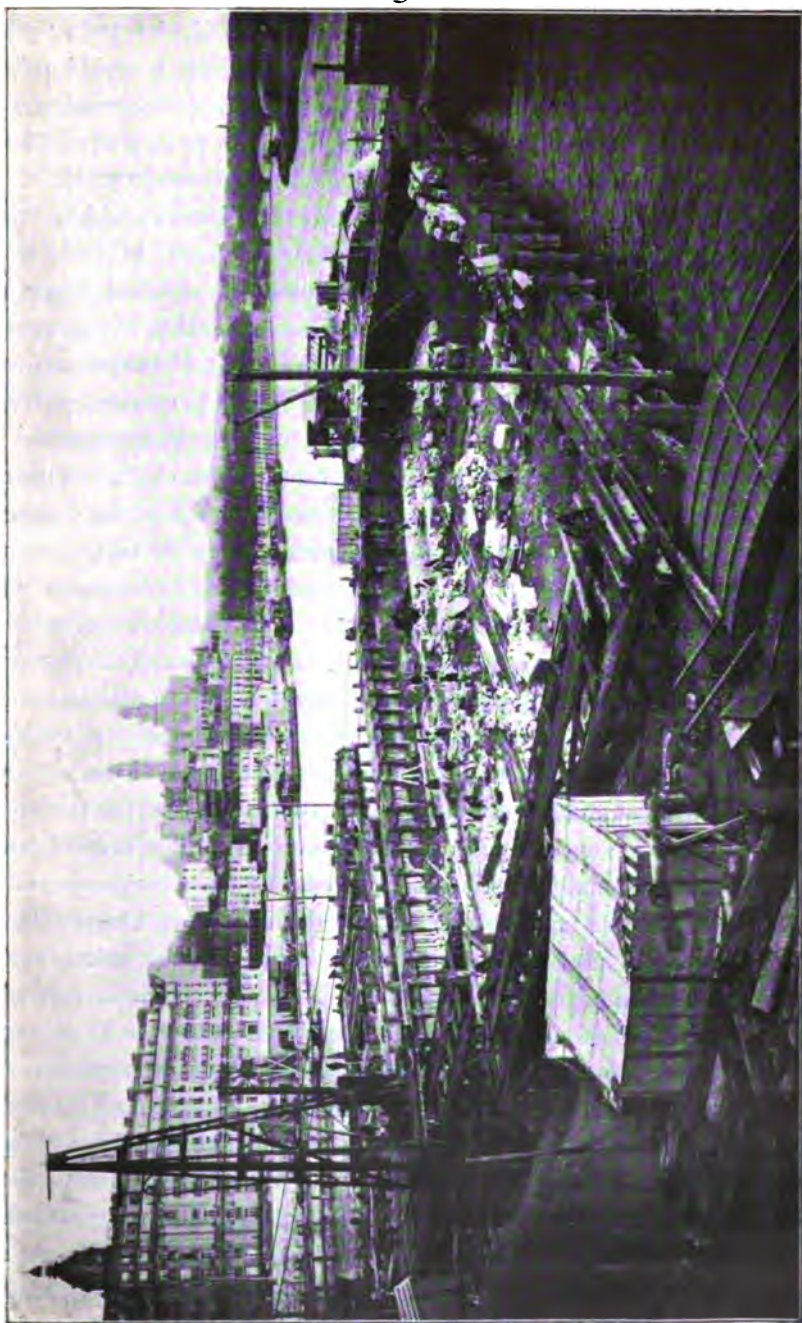


Fig. 63. — Chantier de l'île des Cygnes. Commencement des maçonneries de l'ouvrage inférieur.

Le fonçage des caissons des piles en rivière a été exécuté aux dates ci-après : pile n° 1, de septembre 1903 à février 1904 ; pile n° 2, commencé en août 1903, le travail ne put être terminé qu'en juin 1904, en raison d'une interruption de quatre mois occasionnée par un accident dont il est parlé ci-après ; pile n° 3, d'avril 1904 à juin de la même année ; pile n° 4, de janvier à mars 1904.

Voici quelques indications intéressantes touchant l'accident survenu au cours du fonçage du caisson de la pile n° 2. Afin de parer autant que possible aux inconvénients pouvant résulter, pour la navigation fluviale, de la présence en Seine des obstacles que rendait inévitables la construction des piles du viaduc, diverses mesures concertées entre les services intéressés furent prescrites par un arrêté spécial du préfet de police. Aux termes de cet arrêté, il devait être ménagé, pendant la construction du viaduc et entre les divers échafaudages, des passes navigables dont la largeur utile ne devait jamais être réduite au-dessous de 30 mètres pour le grand bras et de 21,50 m. pour le petit bras ; la longueur des convois de bateaux, leur manœuvre, etc., étaient également réglées en vue d'éviter tout accident. Les bateaux à voyageurs étaient autorisés à passer, en descente et en remonte, par le grand bras, mais devaient s'astreindre à diverses précautions, notamment réduire leur vitesse de marche en tant que de besoin.

Malheureusement, cette dernière prescription ne fut pas toujours rigoureusement observée et il arrivait fréquemment que l'un de ces bateaux franchissait en vitesse la passe ménagée entre les emprises des piles n° 1 et 2. Or, au cours de l'hiver 1903-1904, la Seine subit une crue importante qui survint précisément alors que le fonçage des caissons de piles était en pleine période d'exécution. Le 16 novembre 1903, pendant cette crue, le passage d'un bateau détermina un remous violent qui, renversant en partie les hausses du caisson de la pile n° 2, détermina l'invasion de l'eau et la submersion du caisson ; il n'y eut d'ailleurs pas d'accident de personnes et tout se borna à des dégâts matériels. Toutefois, la submersion du caisson ayant provoqué un léger déplacement de ce dernier, il fallait tout d'abord rétablir l'engin en sa position normale. L'entrepreneur dut, à cet effet, établir préalablement un batardeau étanche, entourant entièrement le caisson ;

l'eau fut ensuite épuisée et il put alors être remédié aux avaries survenues. Le tout exigea un délai de quatre mois auquel correspond le retard dont il est fait mention plus haut.

Le montage du tablier inférieur fut entrepris en avril 1904 ; on commença par la culasse attenante à la culée de Passy dont les fermes furent montées sur cintres portés par des pilotis pour la partie en rivière, et par des chevalets pour la partie située au-dessus du port de Passy. Le travail se continua par le montage de la volée attenante ; cette opération fut effectuée par la méthode dite du porte-à-faux, laquelle consiste à se servir graduellement des parties déjà assemblées pour avancer les appareils de levage destinés à mettre les pièces nouvelles en place.

Le montage de la deuxième partie du tablier du grand bras, comprenant la culasse de l'île des Cygnes et la volée attenante, fut exécuté à la suite du précédent, de juillet à octobre 1904, et par la même méthode que ci-dessus. Les pièces de la travée de liaison purent ensuite être mises en place sans difficulté, ce qui fut terminé en novembre 1904.

Le montage du viaduc supérieur a été effectué très simplement au moyen de ponts roulants encadrant le gabarit de l'ouvrage et prenant appui sur le tablier inférieur. L'opération, poursuivie presque simultanément sur chacun des deux bras de la Seine, a été exécutée de juillet à décembre 1904 pour le grand bras et d'octobre 1904 à juillet 1905 pour le petit bras.

Les figures 66 et 67 montrent respectivement : la figure 66, le montage de la partie du viaduc inférieur attenante à l'île des Cygnes, sur le grand bras de la Seine ; au premier plan on remarque, sur la partie déjà assemblée, le pont roulant servant au montage des pièces à la suite, en porte-à-faux ; au deuxième plan, la culasse côté de Passy et la volée attenante sont déjà montées et l'on aperçoit l'origine, déjà en place, du tablier supérieur en cours de montage ; la figure 67, la mise en place d'une poutre de la travée de liaison du grand bras ; l'approche des pièces se fait très simplement par glissement sur rouleaux (on voit, à gauche, une deuxième poutre en attente).

Les installations de l'entreprise Gonchon (fondations et maçonneries), établies sur le port de Passy, à l'amont et à l'aval du

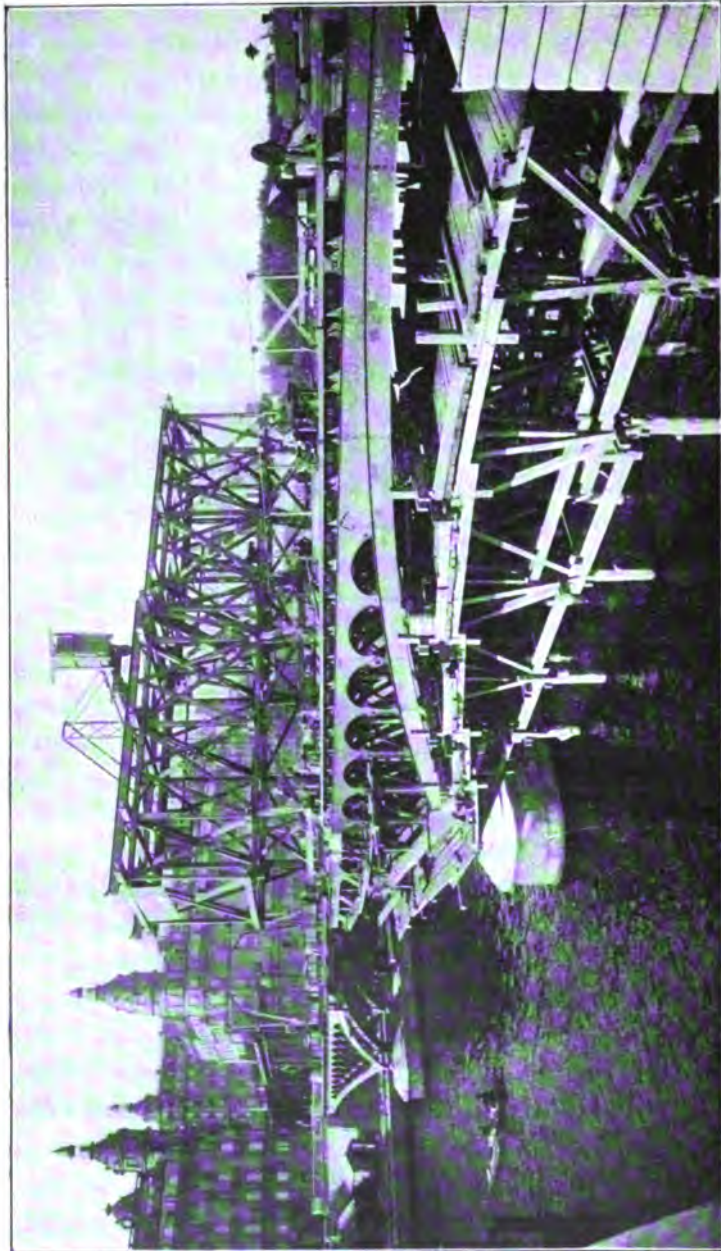


Fig. 66 — Viaduc de Passy. Montage des fermes métalliques sur le grand bras de la Seine.

viaduc, comprenaient, outre les bâtiments affectés aux bureaux, à la forge, etc., une petite usine électrique fournissant l'éclairage



Fig. 67. — Viaduc de Passy. Montage de la travée de liaison du grand bras.

des chantiers et des caissons à air comprimé, ainsi que la force

motrice pour les compresseurs d'air et les grues de chargement ; elle se composait de deux dynamos actionnées par un moteur à gaz pauvre de 80 chevaux.

De son côté, la maison Daydé et Pillé avait installé sur l'île des Cygnes une petite usine comprenant une forge et un compresseur desservant la riveuse mécanique.

Nature des matériaux employés. — Les chambres de travail des caissons ont été bourrées avec du béton au mortier de ciment de Portland dosé à 450 kilogrammes de ciment par mètre cube de sable.

Au-dessus de la chambre de travail, les murettes et arceaux de décharge ont été montés en maçonnerie de moellon de Souppes avec mortier de ciment dosé à 400 kilogrammes ; les évidements ménagés pendant la durée du fonçage ont été remplis ensuite avec le même béton que la chambre de travail.

Les fondations à l'air libre ont été exécutées en béton au mortier de chaux éminemment hydraulique au dosage de 450 kilogrammes de chaux par mètre cube de sable.

Pour les maçonneries en élévation, on a employé concurremment la meulière et le moellon des carrières de Souppes. Le mortier était de chaux éminemment hydraulique au dosage de 400 kilogrammes par mètre cube de sable.

Dans tous les ouvrages inférieurs, les socles, les angles et les pilastres sont en pierre de taille de Souppes ; les panneaux en moellons piqués, pour les culées et les murs de soutènement, et en moellons bouchardés pour l'ouvrage de l'île des Cygnes. Toutefois les socles des murs de soutènement des quais de Passy et de Grenelle ont été exécutés en partie avec de la vieille pierre de taille provenant de la démolition des anciens murs de quai ou des culées de l'ancienne passerelle.

Les plinthes, balustrades et bahuts sont en pierre de Coutarnoux, pour les culées et les murs de soutènement, et en pierre de taille de Souppes polie pour l'ouvrage de l'île des Cygnes.

Les ouvrages en élévation, dans la hauteur du premier étage du viaduc, ont leurs socles en pierre de Souppes et le surplus en pierre blanche de Coutarnoux.

Les tabliers métalliques sont en acier doux laminé, les appareils d'appui en acier coulé et les colonnes en fonte.

L'ensemble des ouvrages en maçonnerie a absorbé :

- 2 180 tonnes de chaux hydraulique.
- 4 566 tonnes de ciment (Portland, laitier ou Vassy).

Le cube total des maçonneries est d'environ 39 500 mètres cubes dont 18 000 mètres cubes exécutés à l'air comprimé.

Il a été battu 1 974 pieux dans les fondations à l'air libre.

Pour la partie métallique il a été employé (en chiffres ronds) :

- 2 900 tonnes d'acier laminé;
- 275 tonnes d'acier coulé;
- 460 tonnes de fonte;
- 3 tonnes de plomb.

Déplacement de l'ancienne passerelle de Passy. — Nous décrivons successivement les moyens, d'ailleurs très différents, employés pour déplacer les parties de la passerelle correspondant à chaque bras du fleuve.

1° Passerelle du grand bras. — Le grand bras de la Seine, sur ce point, donne passage à un trafic fluvial considérable. La partie de passerelle qui le franchissait présentait une longueur totale de 120 mètres et une largeur de 6,50 m. avec un poids de 320 tonnes.

Elle se composait d'un arc central de 46 mètres d'ouverture, avec articulation à la clef, et de deux demi-arcs de 37 mètres joignant l'arc central aux culées ; ce dernier reposait, à chacune de ses extrémités, sur deux piles jumelées.

Le programme arrêté pour le déplacement consistait à établir, près de chaque culée et autour de chaque groupe de piles, un chemin ou plateforme de roulement B. C. (fig. 1 et 2, pl. XXXIV) en charpente, perpendiculaire à l'axe de la passerelle, et permettant de faire circuler cette dernière au moyen de tractions rythmées exercées dans le sens de chaque plateforme.

Ces dernières, dressées dans un même plan, parfaitement horizontal, se composaient chacune de 4 cours de moises de 0,30 × 0,30 en sapin assemblées et boulonnées au sommet de pieux de 0,50 de diamètre, battus en rivière. Cette charpente était, en

outré, contreventée et raidie suffisamment pour éviter toute flexion pouvant déniveler l'horizontalité des plateformes. Les figures 3 à 6, pl. XXXIV donnent le détail de l'un de ces chemins de roulement.

Les membrures en arc des poutres principales de la passerelle ne se prêtaient nullement à un ajustement sur les chemins plans de roulement : on obvia à cette difficulté à l'aide de sommiers en charpente, dont la partie supérieure épousait exactement la courbure des arcs qui purent ainsi être assis et boulonnés sur ces sommiers ; la partie inférieure de ceux-ci fut, au contraire, établie horizontalement et de façon à correspondre exactement à la section des plateformes de roulement.

Toutes choses ainsi disposées, on souleva la passerelle au moyen de vérins d'une hauteur de 0,20 m. environ, permettant d'introduire des rouleaux entre chaque plateforme et le dessous du sommier correspondant ; on laissa ensuite descendre la passerelle et ses sommiers qui vinrent ainsi reposer sur les rouleaux. Cette première manœuvre fut effectuée sans incident le 20 juillet.

Le lendemain, les supports de la passerelle furent attelés à des treuils mouflés qui, au nombre de six, pouvaient développer un effort total de traction de 48 tonnes, plus que suffisant, d'après les calculs, mais nécessaire pour parer à tout aléa, notamment à un tassement possible des plateformes de roulement, ce qui aurait exigé un effort plus considérable. Chaque treuil était manœuvré par quatre hommes.

Sous l'action des treuils, la passerelle prit un mouvement très doux et très régulier : à chaque mètre d'avancement, on s'arrêtait afin de vérifier la régularité de la marche au droit de chaque plateforme, sur laquelle des repères avaient été préalablement disposés avec soin dans ce but.

Le déplacement, ainsi scandé de trente arrêts correspondant aux 30 mètres qui séparaient l'ancien emplacement du nouveau, dura quatre heures : commencé à dix heures du matin, il était terminé à deux heures du soir, sans que le moindre à-coup se fût produit et sans avoir interrompu, ni même gêné, le mouvement de la navigation. Le lendemain et le surlendemain, on procéda aux épreuves de l'ouvrage qui donnèrent un résultat favorable, et,

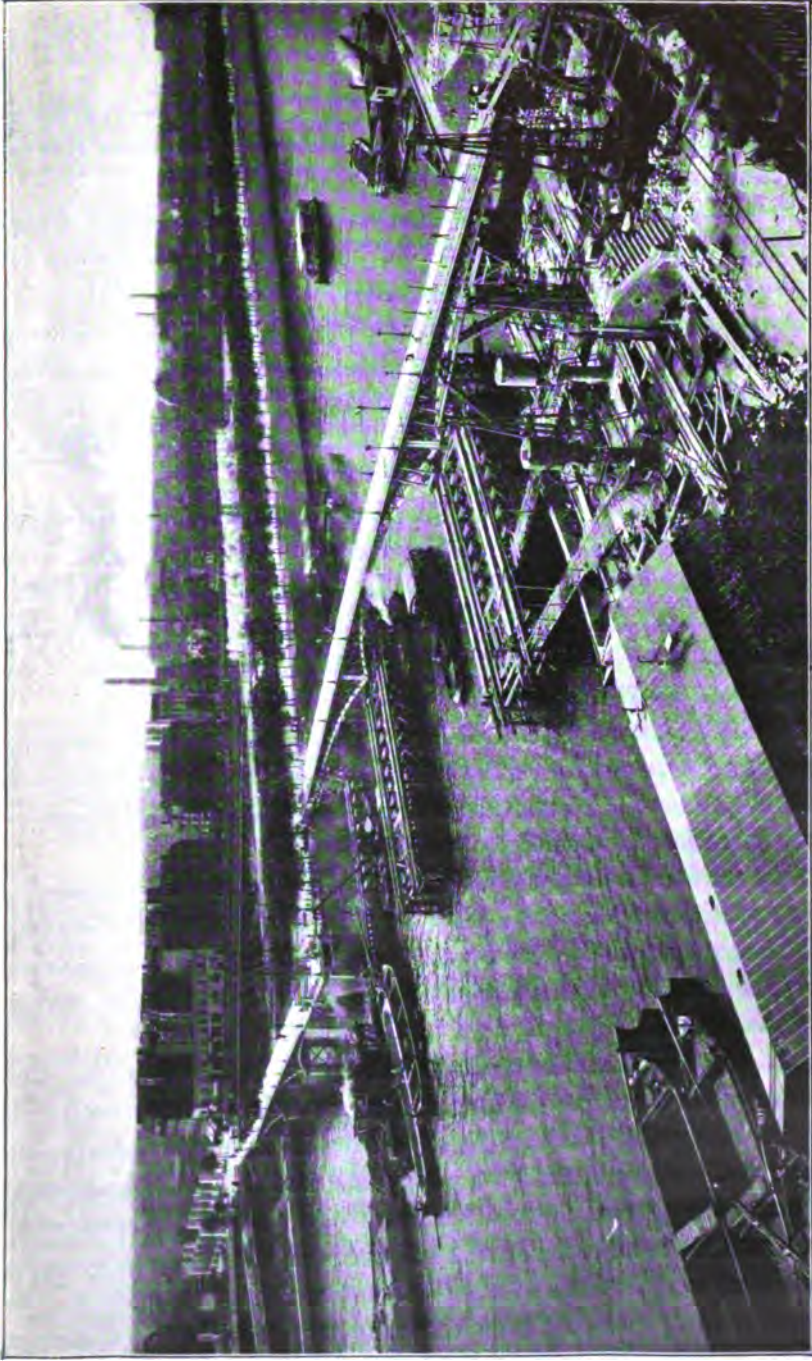


Fig. 68. — Déplacement de l'ancienne passerelle de Passy. Vue d'ensemble après le déplacement sur le grand bras de la Seine.

dès le 26 juillet, cette partie de la passerelle était rendue à la circulation.

La figure 68 donne une vue générale de la passerelle après déplacement de cette première partie et avant l'opération correspondante sur la partie franchissant le petit bras.

2° *Passerelle du petit bras*. — Le procédé employé pour le déplacement de la passerelle franchissant le petit bras de la Seine a été tout différent de celui qui vient d'être décrit. Ici, la navigation, fort peu importante, pouvait être interrompue sans inconvénients pendant l'opération. On se servit donc de bateaux, ce qui permit d'avancer de plusieurs jours la date du déplacement, les installations préparatoires exigeant moins de temps que pour l'emploi de plateformes de roulement.

La passerelle du petit bras était du même type que la première, dont elle ne différait que par les dimensions : l'arc central, articulé à la clef, n'avait en effet que 34 mètres de longueur, et chacune des travées de rive 28 mètres, soit une longueur totale de 90 mètres avec une largeur de 6,50 m. entre garde-corps et un poids total de 240 tonnes.

Le déplacement à opérer était exactement de même importance que pour la passerelle du grand bras, soit 30 mètres, de façon à rétablir, selon l'ancienne disposition, les deux parties de la passerelle dans le prolongement l'une de l'autre.

Ici, on décida de procéder en deux fois, en opérant, comme le permettait l'articulation de l'arc central, sur chacune des moitiés de l'ouvrage ; on réduisait ainsi de moitié le matériel nécessaire, les bateaux servant successivement à déplacer la première moitié, puis la seconde.

On employa donc deux chalands à sable, de 30 mètres de longueur et de 5 mètres de largeur, pouvant supporter chacun, à pleine charge, 280 tonnes (fig. 1 et 2, pl. XXXIV). On monta, sur chacun d'eux, un chevalet en charpente, dont la partie supérieure, épousant le profil des arcs de la passerelle, pouvait s'adapter exactement sous ceux-ci ; la partie inférieure reposait à la fois sur les bords et sur le fond du bateau convenablement renforcé, de manière à répartir la charge sur une grande surface et à donner ainsi à l'ensemble la stabilité nécessaire (fig. 7 et 8).

Les choses étant ainsi préparées, les chalands lestés de sable furent engagés sous la passerelle et placés de part et d'autre de l'appui en rivière, formé de deux piles, situé du côté de l'île des Cygnes (fig. 1 et 2) ; c'est, en effet, la moitié de ce côté qui devait être déplacée tout d'abord. Des coins formant cale furent introduits entre le dessous des semelles des arcs et les chevalets en charpente ; des broches, passées dans des trous de rivets enlevés à cet effet, assurèrent la liaison entre la passerelle et les chevalets, en vue de rendre impossible tout glissement longitudinal de l'ossature métallique. Les boulons de l'articulation centrale de la passerelle furent ensuite enlevés ; la moitié de l'ouvrage, sous laquelle se trouvaient placés les bateaux, était dès lors prête pour le déplacement : il suffisait de la soulever en délestant les chalands d'une partie de leur sable.

Restait à conduire le tronçon, ainsi préparé et rendu flottant, à sa nouvelle place sur les palées en charpente établies à l'avance pour le recevoir (fig. 2, pl. XXXIV). Pour cela, à l'avant et à l'arrière de chaque bateau avait été installé un treuil ; celui d'avant devait servir à halier le chaland sur un cordage amarré à une ancre (P) mouillée plus loin dans le fond du fleuve ; celui d'arrière devait jouer le rôle de treuil de retenue, et était relié à une autre ancre Q mouillée en arrière.

Enfin, d'autres câbles, établis et solidement fixés transversalement au fleuve, devaient assurer la direction de l'ensemble et immobiliser au besoin les bateaux dans le cas où une ancre aurait dérapé.

Le 19 août, tout était prêt ; le lendemain, au matin, on commença à délester les chalands ; mais l'opération fut contrariée et prolongée par un léger abaissement du niveau de l'eau dû, sans doute, à des manœuvres faites en même temps au barrage de Suresnes. Néanmoins, à une heure de l'après-midi, l'ouvrage ayant pu être soulevé au-dessus de ses appuis, le délestage fut arrêté et l'ensemble flottant mis en marche ; une demi-heure après, les 30 mètres à parcourir étaient franchis sans incident.

On amarra les bateaux qui furent alors lestés de nouveau et l'ouvrage vint doucement reposer sur les palées prêtes à le recevoir ; le restant de la journée fut occupé à dégager les cha-

lands et à les conduire sous la seconde moitié de la passerelle.

Le lendemain matin à onze heures et demie, tout était de nouveau disposé, la partie restante de l'ouvrage soulevée de ses appuis, et les bateaux mis en marche; le mouvement, quoique contrarié cette fois par un vent debout assez violent, ne dura cependant que trois quarts d'heure.

Les deux moitiés de la passerelle se trouvaient alors en regard l'une de l'autre, mais il restait à rétablir l'articulation, opération assez difficile en elle-même et qui fut, en outre, gênée par la houle et le vent. On en vint néanmoins à bout assez rapidement et à deux heures tout était terminé, y compris le délestage des bateaux.

Le jour suivant, la passerelle du petit bras subit avec succès les épreuves de résistance, et dès le lendemain, 23 août, elle était rendue à la circulation publique.

La figure 69 donne une vue de l'opération au moment où la première moitié de la passerelle, ayant quitté ses anciens appuis, est dirigée vers son nouvel emplacement.

Le tablier de la passerelle ainsi déplacé, il a fallu procéder à l'enlèvement des piles qui le supportaient; les figures 10 et 11, (pl. XXXIII) montrent les positions qu'elles occupaient et les emplacements où devaient être établies celles du nouveau viaduc. Au nombre de deux par appui (fig. 11), les piles de la passerelle étaient formées de colonnes métalliques creuses reposant sur un massif de fondation foncé dans le sol du lit de la Seine.

Les piles voisines des quais de Passy et de Grenelle se trouvaient englobées dans l'emprise des caissons de fondation des piles numéros 1 et 4 du viaduc et devaient, par suite, disparaître ainsi que leurs propres fondations. Les piles avoisinant l'île des Cygnes étaient, au contraire, situées seulement à proximité et en dehors de l'emplacement des piles numéros 2 et 3 du viaduc; ici, il suffisait d'enlever les piles elles-mêmes afin de supprimer l'obstacle qu'elles auraient constitué pour la navigation, tandis que leurs fondations, enterrées dans le sol, pouvaient subsister sans inconvénient.

Pour simplifier, nous désignerons les couples de piles constituant les quatre appuis en rivière de la passerelle, par les numéros



Fig. 69. — Déplacement de l'ancienne passerelle de Passy. Vue pendant l'opération sur le petit bras de la Seine.

1a, 2a, 3a et 4a correspondant respectivement aux appuis voisins des piles numéros 1, 2, 3 et 4 du viaduc (fig. 10 et 11, pl. XXXIII). Ceci dit, nous donnons ci-après quelques indications sur les moyens employés pour la suppression de ces organes.

Les piles numéro 2a ont été dynamitées au ras du fond du fleuve et leurs débris enfouis dans un trou creusé à la drague ; la fondation a été laissée en place. Les piles numéros 3a et 4a ont été démontées par un scaphandrier ; le massif de fondation des premières a été laissé en place ; celui des secondes, englobé dans le caisson de la pile numéro 4 du viaduc, a été démoli au cours du fonçage de ce caisson.

L'enlèvement des piles numéro 4a a été opéré par une manœuvre qui mérite d'être signalée, au moins pour son originalité : piles et massif ont été arrachés du sol d'un seul bloc et transportés de même en dehors de l'emplacement du caisson du viaduc.

Le poids total à soulever était de 260 tonnes, sans tenir compte des résistances à prévoir en raison du frottement du revêtement en tôle de la fondation contre le sol environnant formé de gravier argileux, frottement pouvant donner lieu à un effort de soulèvement considérable. Toutefois, cette éventualité ne se produisit pas, l'effort de frottement se trouvant sans doute en partie annihilé par les effets de la sous-pression agissant sur la surface inférieure du massif.

Le dispositif employé pour opérer le soulèvement est représenté par la figure 70. On a utilisé les deux chemins de roulement qui avaient servi au déplacement du tablier de la passerelle, en y ajoutant l'échafaud spécial de soulèvement composé, pour chaque chemin, des pièces de charpente *c* et *p* supportant des poutres métalliques *m* ; ces dernières reposaient, par leurs extrémités, sur chacun des chemins de roulement et supportaient les poutres *n* et *P* entre lesquelles étaient placés des vérins *v*, au nombre total de 8 et d'une puissance de 100 tonnes chacun. Aux poutres *P* étaient fixées des tiges en fer *f* portant, à leur partie inférieure, des étriers les reliant solidement aux piles. Au fur et à mesure du soulèvement, des cales en bois étaient introduites entre les vérins et les poutres *n* pendant que, simultanément, on remplissait de cailloux le vide produit sous le massif de fondation.

Lorsque le caisson fut ainsi soulevé au-dessus du fond du lit de la Seine, étant maintenu en place par le remblaiement exécuté comme il vient d'être dit, toute la charpente fut démolie et enlevée ; puis, les colonnes des piles étant démontées, le massif de fondation fut soulevé, au moyen de chalands lestés, transporté

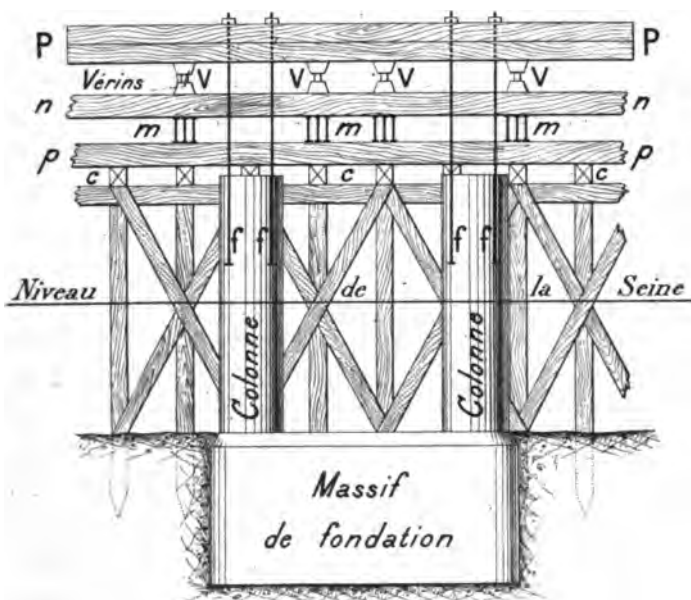


Fig. 70. — Dispositif employé pour l'enlèvement des piles de l'ancienne passerelle de Passy.

en dehors de l'emplacement de la pile future du viaduc, puis enfoui dans un trou creusé à la drague dans le fond du fleuve. Nous nous bornerons à cet exposé de la manœuvre ainsi effectuée avec succès sans en tirer de conclusions sur les applications dont elle pourrait être susceptible dans des cas analogues, d'ailleurs fort rares selon toute vraisemblance.

Il ne sera pas sans intérêt de dire ici quelques mots sur l'ouvrage disparu définitivement depuis l'achèvement du viaduc métropolitain.

La passerelle de Passy avait été établie à l'occasion de l'Exposition Universelle de 1878. L'annexion du Trocadéro au Champ-de-Mars, et par suite, l'affectation exclusive du pont d'Iéna aux visiteurs de l'Exposition, avaient rendu difficiles les communica-

tions entre les deux rives de la Seine, le passage ne pouvant plus s'effectuer que par le pont de l'Alma, à l'aval, et par le pont de Grenelle, à l'amont, tous deux relativement éloignés du pont d'Iéna.

Pour obvier à cet inconvénient, l'administration fit établir un service de transit par bateau, et en même temps, exécuter la passerelle, dite de Passy, qui fut rapidement construite.

La caractéristique de cet ouvrage qui, à l'époque, attira l'attention des techniciens, fut la suppression alors nouvelle de la poussée au vide ou poussée horizontale qui, dans les ponts en arcs, s'exerce à la clef de chaque volée et aux culées. La passerelle était en effet, pour chaque bras de la Seine, constituée par deux parties distinctes, commençant chacune à la culée et se terminant au milieu de la travée médiane où elle venait en contact avec la partie voisine; mais, ici, les deux parties étaient réunies par une simple articulation libre à broche, ne supportant aucune pression horizontale, et non par une clef proprement dite, comme cela a lieu dans les voûtes ou arcs ordinaires. Chacune des deux parties était composée de telle sorte que, supposée isolée, elle devait se tenir sensiblement en équilibre sur son appui central; il ne pouvait par conséquent, s'exercer aucune poussée au vide, et les culées, qui n'étaient plus exposées qu'à des efforts verticaux, avaient pu être construites avec des dimensions bien inférieures à celles que ces parties présentaient alors habituellement.

L'ouvrage avait été construit, suivant les projets dressés par MM. Huet, ingénieur en chef, et Bartet, ingénieur des Ponts et Chaussées, par les ateliers Cail, alors installés tout près de son emplacement. Sa construction dura sept mois, et la passerelle put être livrée au public pour l'ouverture de l'Exposition (15 avril 1878). La dépense s'était élevée à 420 000 francs, dans lesquels l'État et le service de l'Exposition avaient participé chacun pour 105 000 francs, et la Ville de Paris pour le surplus, soit 210 000 francs.

Sa disparition et son remplacement par le viaduc monumental du Métropolitain, donnant passage, non-seulement au chemin de fer, mais encore aux voitures ordinaires aussi bien qu'aux piétons, a constitué pour la circulation générale de cette région de Paris une amélioration sérieuse accueillie avec joie par la nombreuse population intéressée.

3^e, 4^e et 5^e lots. — Ces trois lots comprennent la partie de la ligne n° 2 Sud en viaduc, depuis le quai de Grenelle jusqu'à la rue de Vaugirard, et les stations aériennes « Quai de Grenelle », « Rue Duplex », « Avenue de La Motte-Picquet », « Place Cambronne » et « Rue de Sèvres » ; ils ont été, à la suite de l'adjudication du 22 mars 1902, confiés tous trois à la Société Française de Constructions mécaniques (anciens établissements Cail) qui a, naturellement, employé les mêmes procédés, sur chacun d'eux, pour le montage du viaduc et des stations.

L'établissement des fondations des colonnes et piliers n'a présenté aucune difficulté et s'est effectué suivant les moyens habituels à ce genre de travaux. Les massifs inférieurs ont été exécutés en béton de chaux éminemment hydraulique au dosage de 400 kilogrammes de chaux par mètre cube de sable et surmontés d'un deuxième massif en maçonnerie de meulière de 1 mètre d'épaisseur minimum ; sur ce dernier reposent soit les dés en pierre de Souppes de 2,40 m. \times 2,40 m. \times 0,80 m. supportant les colonnes, soit les soubassements, également en pierre de Souppes, supportant les piliers. Entre l'embase des colonnes et le dé est interposée une feuille de plomb de 0,01 m. d'épaisseur encastrée dans une entaille de même profondeur ménagée dans la face supérieure du dé.

Les fûts des piliers sont en pierre de Mézangère sur le troisième lot et en pierre de Morley bouchardée à 100 dents sur les quatrième et cinquième lots ; les couronnements sont tous en pierre de Corgoloin égrisée ; enfin les pylônes décoratifs d'angles des stations sont en pierre de Tercé.

Le levage et la mise en place des colonnes ont été opérés, avec une facilité et une précision remarquables, au moyen de deux grues à vapeur automotrices Grafton, d'une puissance de 12 tonnes chacune, circulant sur une voie ferrée posée dans l'axe de la contre-allée centrale des boulevards, et opérant en commun pour la pose de chaque colonne. En général, les colonnes étaient mises en place munies de leur embase ; cependant, pour quelques-unes du troisième lot, voisines de la station « Quai de Grenelle » et dont la hauteur atteignait jusqu'à 9,40 m. et le poids 21 500 kg., les embases, munies de leurs boulons, ont été

placées tout d'abord, après quoi les fûts de colonnes ont été



Fig. 71. — Montage du tablier de la station aérienne « Place Cambronne ».

descendus isolément et boulonnés sur place. Les grues ont, en outre, servi à diverses manœuvres nécessitées par le bardage des

colonnes et même au montage d'entretoises ou autres pièces du viaduc. Sur la figure 71 on voit l'un de ces engins montant une entretoise destinée au tablier de la station «Place Cambronne».

Les poutres des travées courantes, amenées sur place en plusieurs tronçons (3 pour les travées de 22,50 m., 4 pour celles de 27,06 m.), étaient assemblées à terre, sur des tréteaux disposés à proximité des appuis ; le rivetage s'opérait au moyen de riveuses hydrauliques alimentées par des pompes mues par des petites grues Grafton de 6 tonnes circulant sur la voie ferrée du plateau central.

Les poutres ainsi assemblées et rivées étaient soulevées d'une seule pièce par deux ponts roulants d'une force de 15 tonnes chacun, munis de treuils à mains, et analogues à ceux qui furent employés sur le quatrième lot de la ligne circulaire Nord ; placées au-dessus de leurs appuis, les poutres étaient maintenues dans cette position par les ponts roulants pendant la présentation des entretoises dans les goussets, puis rapprochées et déposées définitivement sur leurs appuis, après quoi on procédait à l'assemblage définitif de l'ensemble. Quelques poutres des travées de 22,50 m. ont pu être levées et placées sur leurs appuis à l'aide des grues de 12 tonnes ; cependant, ces dernières ont surtout été affectées au levage des entretoises.

Des dispositions spéciales ont dû être prises pour le montage des grandes travées, au nombre de quatre :

Traversée de l'Avenue de La Motte-Picquet. —	
1 travée droite de	47,955 m.
Traversée de la place Cambronne. — 1 travée	
droite de	47,955 —
Carrefour des rues de Sèvres et Lecourbe. —	(38,575 —
2 travées biaises, chacune de	(34,825 —

Pour ces travées, on installa un véritable pont de service en charpente en ménageant les espaces libres nécessaires pour assurer le passage des voitures ordinaires et des tramways. Sur cette estacade fut disposée une double file de rails sur longrines permettant la circulation d'un petit pont roulant muni d'un treuil pour le levage des pièces et dont la figure 72 donne le schéma. On procéda d'abord à la pose des deux doubles semelles

s, s, réglées en tenant compte d'une contre-flèche de 0,07 m. et d'un jeu de 0,02 m. pour le tassement des calages après chargement, puis on brocha et boulonna successivement, et en commençant simultanément aux deux extrémités, les montants extrêmes, les diagonales, les montants intermédiaires suivants, les semelles supérieures, etc., et ainsi de suite jusqu'à la pose des diagonales

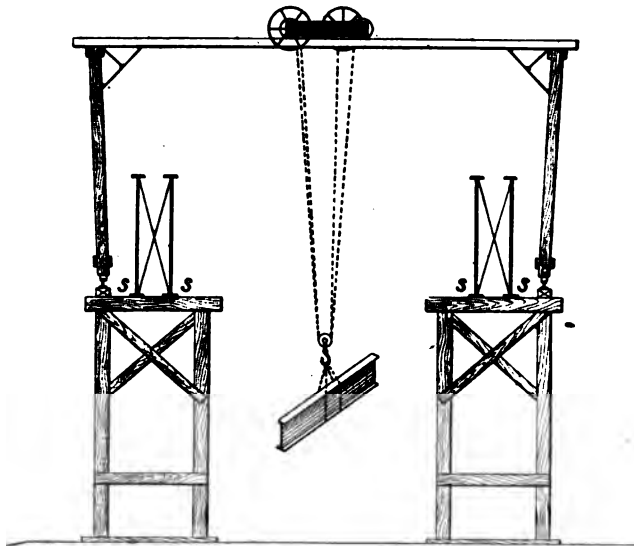


Fig. 72.

en croix du panneau central de chaque poutre. Pendant ce temps, on avait mis en place les entretoises du tablier.

Ce n'est qu'alors qu'à la place Cambronne on descendit d'un seul bloc toute la travée sur les appareils d'appui au moyen de vérins. A la traversée de l'avenue de La Motte-Picquet, les semelles inférieures avaient été, dès leur pose, placées dans leur position définitive sur les appareils.

La figure 73 montre l'ensemble de l'installation faite pour la travée de la place Cambronne.

Les poutres de stations, de 15,09 m, de longueur et pesant 11 tonnes environ, ont été amenées sur le chantier tout assemblées et montées chacune d'un seul bloc, au moyen soit des ponts roulants, soit des grues de 12 tonnes, soit encore concurremment par ces deux types d'engins. On opérait tout d'abord le



Fig. 73. — Installations de montage de la travée de la place Cambroune.

levage des deux poutres intérieures dont l'une était posée immédiatement sur ses appuis tandis que l'autre était placée simplement à hauteur, mais un peu en dehors des appuis, toutes deux étant maintenues dans cette position par les ponts roulants. Puis, au moyen des grues, on plaçait en premier lieu les deux entretoises extrêmes, de 5,60 m. de longueur et pesant 1 300 kilogrammes, puis les entretoises intermédiaires, de même longueur que les premières, mais ne pesant que 1 100 kilogrammes. Ces diverses pièces étaient boulonnées ou brochées sur la poutre en place et présentées, à l'aide d'étriers, dans les goussets de la deuxième poutre ; quand toutes étaient ainsi préparées, on rapprochait la deuxième poutre de la première en la plaçant au-dessus de ses appuis, puis on boulonnait les assemblages ; enfin, la deuxième poutre était descendue définitivement sur ses appareils d'appuis.

Le montage des poutres de rive était alors opéré au moyen des ponts roulants ou de grues circulant sur le tablier déjà posé entre les poutres intérieures ; pour les maintenir en place, on boulonnait de suite les contreventements verticaux en croix de Saint-André placée aux extrémités de chaque travée. Le levage et l'assemblage des entretoises, de 3,925 m. de longueur et pesant 800 kilogrammes pour celles d'extrémités de travées et 500 kilogrammes pour les intermédiaires, s'effectuait ensuite sans difficulté.

Comme pour le viaduc courant, le rivetage a été fait partie à la riveuse hydraulique, partie à la main.

Les opérations ainsi décrites n'ont pas été effectuées invariablement dans cet ordre pour toutes les stations des troisième, quatrième et cinquième lots ; l'emploi des ponts roulants et des grues, tantôt simultanément, tantôt successif, a entraîné, dans le montage de ces stations, quelques différences de détails auxquelles on ne saurait s'arrêter sans tomber dans une prolixité sans intérêt et, d'ailleurs, plus susceptible de confusion que de clarté.

Toutes les pièces métalliques étaient, aux usines, recouvertes d'une couche de minium ; après montage, on procéda à leur nettoyage et à l'application d'une couche de minium de plomb et deux couches de peinture à l'huile.

Les voûtelettes entre entretoises, en briques de Bernay ou de

Saint-Pierre-les-Elbeuf, ont été hourdées au mortier de ciment de Portland dosé à 350 kilogrammes pour un mètre cube de sable tamisé et revêtues, à l'extrados, d'un enduit de 0,02 m. d'épaisseur, en mortier de ciment de Portland au dosage de 650 kilogrammes par mètre cube de sable tamisé.

6° lot. — Ce lot s'étend depuis le boulevard Pasteur, non loin du carrefour de la rue de Vaugirard, jusqu'à la station « Boulevard Edgar-Quinet » comprise. Presque totalement souterrain, il comprend, sur une longueur totale de 1.331,23 m. :

La tranchée ouverte du boulevard Pasteur . . .	100,31 m.
Le souterrain courant.	817,45 —

et les stations souterraines « Boulevard Pasteur », « Gare Montparnasse » et « Boulevard Edgar-Quinet ».

Pour l'exécution, les entrepreneurs établirent quatre puits d'attaque munis de monte-charges ; trois de ces puits correspondaient aux emplacements des stations « Boulevard Pasteur », « Gare Montparnasse », « Boulevard Edgar-Quinet » ; le quatrième, le plus important, fut établi boulevard de Vaugirard, au droit de la rue Brown-Séguard. De chacun de ces puits, les galeries d'avancement furent attaquées et poursuivies à raison de 3 mètres par vingt-quatre heures et par attaque, chiffre moyen.

Le souterrain fut exécuté, sur bois et par les procédés déjà décrits, dans un terrain de roche calcaire disloqué par suite de la présence d'anciennes carrières et qui exigea d'importants travaux de consolidations exécutés soit avant, soit en même temps que l'ouvrage, et au sujet desquels toutes explications utiles ont été déjà données. Dans la partie où le sol était le plus disloqué on procéda de façon analogue à celle appliquée rue Alboni (premier lot).

Pour les stations, on construisit d'abord les piédroits en galerie, puis les voûtes par anneaux successifs ou discontinus s'appuyant sur les piédroits déjà établis.

Les travaux du sixième lot ne comportent aucune particularité à signaler, si ce n'est la rapidité avec laquelle les entrepreneurs, MM. Coulange et Sentou, en conduisirent l'exécution ; commencé

le 3 juillet 1902, ce lot, dont les déblais ont atteint le chiffre de 83 000 mètres cubes et les maçonneries celui de 30 000 mètres cubes, était terminé le 12 mars 1903, soit un délai de huit mois et demi.

7° lot. — Le septième lot s'étend de l'extrémité de la station « Boulevard Edgar-Quinet » jusqu'au point de passage du souterrain au viaduc, boulevard Saint-Jacques, un peu avant du carrefour de la rue Dareau ; sa longueur totale est de 1,401 m., et il comprend les trois stations « Boulevard Raspail », « Place Denfert-Rochereau » et « Place Saint-Jacques ».

Pour assurer l'enlèvement rapide de l'énorme cube de terres à extraire (150 000 mètres cubes environ), l'entrepreneur prit des dispositions qui méritent quelques lignes d'explications.

Quatre points d'attaque furent établis : 1° boulevard Edgar-Quinet, aux abords de la rue Cassendi ; 2° et 3°, à proximité des stations « Boulevard Raspail » et « Place Denfert-Rochereau » ; 4° boulevard Saint-Jacques, non loin de la place Denfert-Rochereau. Ces attaques sont désignées sous les n° 1, 2, 3 et 4 sur la figure 9 (pl. XXXIV).

Chacune d'elles comprenait : 1° un puits de service dans lequel étaient installés un escalier pour la descente des ouvriers et un monte-charge à double plateforme actionné par un moteur électrique de 15 chevaux permettant une vitesse d'ascension de 0,30 m. environ par seconde ; 2° à la surface du sol, une estacade en charpente.

Sur l'estacade était établie, en contre-haut, une voie Decauville sur laquelle circulaient les wagonnets élevés du souterrain par le monte-charge ; ces wagonnets déchargeaient leur contenu sur les côtés *a* et *b* de l'estacade (fig. 10 et 11) calculée pour supporter une épaisseur de terre de 1,50 m. à 1,80 m. de hauteur. De là, et au moyen de trémies mobiles, les déblais étaient déversés sur des wagons ou plateformes cubant 7,50 m³ et circulant sur une double voie ferrée se raccordant, au delà de l'estacade, avec la voie principale de l'entreprise (fig. 9). Cette dernière était raccordée elle-même avec les voies du chemin de fer de Paris à Arpajon qui passe place Denfert-Rochereau.

Les trains d'évacuation, composés chacun de six plateformes représentant un total de 45 mètres cubes, étaient remorqués par des machines à feu de la Compagnie d'Arpajon dont elles empruntaient les voies jusqu'à Wissous, à 15 kilomètres de Paris, où étaient situées les décharges de l'entrepreneur. C'est ainsi qu'il put être enlevé chaque jour, pendant la période intensive des travaux, un cube de plus de 800 mètres de déblais sans apporter le moindre trouble dans la circulation non-seulement des voitures ordinaires, mais même des voitures à voyageurs circulant sur les voies empruntées. Ajoutons qu'au retour ces mêmes trains amenaient à pied d'œuvre la meulière dont un dépôt important était constitué non loin du lieu de décharge des terres. Quant au sable et au caillou, amenés par voie fluviale au port de l'Alma, ils étaient repris et transportés aux chantiers par tombereaux.

Une voie Decauville de 0,60 m., installée dans les galeries d'avancement au fur et à mesure de leur percement, assurait la circulation des wagonnets entre les monte-charges et le lieu de chargement des déblais ou de déchargement des matériaux.

L'estacade dont le dessin est donné par les figures 10 et 11 (pl. XXXIV) est celle portant le n° 3 sur la figure 9 et était située boulevard Raspail, non loin de la place Denfert Rochereau.

Le souterrain courant a été construit par les méthodes déjà décrites dont il suffira d'énumérer les phases successives :

- 1° Percement d'une galerie d'avancement à la partie supérieure du gabarit de l'ouvrage ;
- 2° Abatages latéraux de part et d'autre de la galerie ;
- 3° Pose des cintres pour construction de la voûte ;
- 4° Construction de la voûte. Injection de mortier liquide ;
- 5° Enlèvement du noyau central du stross ;
- 6° Construction des piédroits en quinconce ;
- 7° Fouille et bétonnage du radier ;
- 8° Application des enduits.

Il n'est pas sans intérêt de consacrer ici quelques lignes au procédé employé sur le septième lot pour drainer les eaux d'infiltrations pouvant pénétrer dans les maçonneries. Lors de la construction de la voûte et des piédroits, on incorporait dans la maçon-

nerie, sur sa face intérieure, des torons de paille de 0,06 m. à 0,07 m. de diamètre demeurant apparents ; après enlèvement des cintres et étaielements, on retirait ces torons dont l'emplacement se dessinait alors sous forme de rigoles ; le fond de ces dernières était d'abord régularisé par application d'un enduit mince, puis garni d'un tuyau de caoutchouc dont l'extrémité inférieure dépassait

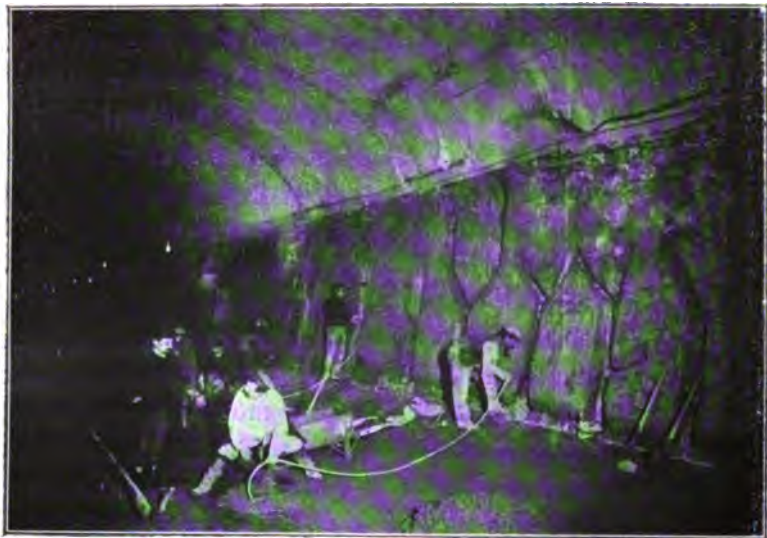


Fig. 74. — Préparation de drainages pour l'écoulement des eaux d'infiltrations.

sait la rigole : on remplissait alors le surplus de la saignée au moyen de mortier de ciment, après quoi l'on retirait facilement les tuyaux en caoutchouc, obtenant ainsi, à l'intérieur de la maçonnerie, une série de conduits facilitant la collecte et l'évacuation des infiltrations et les amenant à des puisards absorbants creusés sous le radier. Les figures 74 et 75 montrent la préparation de drainages de cette nature ; sur la première, on voit les saignées pratiquées prêtes à recevoir les tuyaux de caoutchouc que préparent les ouvriers ; l'une d'elles, la première, à droite, est déjà en partie comblée par l'application de mortier (dans le travail ici représenté, effectué en dehors du septième lot, les saignées ont été pratiquées après coup dans la maçonnerie déjà terminée, sans emploi de torons de paille ; l'usage de ces derniers facilite de beaucoup le travail et doit être préféré) ; sur la deuxième, on

voit un puisard absorbant, avec l'un des tuyaux qui y doivent aboutir.

La construction du souterrain courant n'a présenté de sérieuses difficultés, exigeant des dispositions spéciales d'exécution, que sur deux points : l'un, à la traversée d'un vaste fontis, boulevard



Fig. 75. — Préparation de drainages pour l'écoulement des eaux d'infiltrations.

Raspail, près de la rue Victor-Considérant ; l'autre, au passage sous la ligne du chemin de fer de Paris à Sceaux, sous la place Denfert-Rochereau. Cependant, en dehors de ces deux passages particulièrement délicats, il a fallu, en raison de l'état de dislocation plus ou moins accentué du sol, assurer la stabilité de l'ouvrage au moyen de puits de consolidation, de surépaisseurs données à la maçonnerie, et d'armatures métalliques noyées dans l'épaisseur du radier.

Les figures 12 à 17 (pl. XXXIV) donnent, en plan et coupes, deux types d'ouvrages exécutés dans ces dernières conditions.

La traversée du fontis Victor-Considérant a exigé des mesures analogues mais plus considérables, comme le montrent les figures 1 à 3 (pl. XXXV). Ici, la dislocation du sol était telle qu'il fallait,

de toute nécessité, rendre le souterrain absolument indépendant ; d'autre part, le voisinage immédiat d'immeubles riverains importants rendait indispensables des précautions sévères pour prévenir tout mouvement, tant dans ces immeubles que dans le souterrain lui-même exposé à de formidables pressions latérales. La stabilité de ce dernier fut assurée par des fondations composées de cinq files de puits disposées, deux sous chaque piédroit, et la cinquième dans l'axe du tracé (fig. 1 et 2, pl. XXXV). Les poussées latérales furent combattues par de puissants contreforts latéraux, de 2 mètres de largeur dans le sens de la ligne, entre lesquels l'épaisseur des piédroits fut, en outre, portée de 0,75 m. à 1,15 m. aux naissances de la voûte. Au lieu de commencer par construire la voûte, ce qui eût été imprudent dans de telles conditions, on fonça d'abord les puits aux extrémités d'abatages pratiqués au droit de chaque file transversale, puis on monta la maçonnerie jusqu'au niveau des naissances ; alors, seulement, on construisit la voûte correspondante ; ceci fait, on put, par abatages successifs, procéder à l'exécution des anneaux destinés à réunir les précédents. Grâce à ces dispositions, tout incident fâcheux put être évité. Les figures 4 à 6 (pl. XXXV) montrent les dispositifs de boisages employés pour le fonçage des puits de consolidation de cette partie du souterrain.

Le passage de la ligne n° 2 Sud sous le chemin de fer de Sceaux a constitué l'un des travaux les plus délicats du réseau métropolitain. Il fallait, en effet, effectuer ce passage sans apporter de trouble dans l'exploitation du chemin de fer, et cela en traversant un sol très bouleversé par les anciennes exploitations de carrières souterraines. Les dispositions très particulières prises pour arriver à ce résultat, qui a finalement été obtenu avec plein succès, sont décrites ci-après.

La ligne métropolitaine croise obliquement le chemin de fer de Sceaux, sous la gare « Paris-Denfert », suivant une courbe de 250 mètres de rayon et sur une longueur de 43,50 m. (fig. 7, pl. XXXV). Pour bien comprendre le mode d'exécution de ce tronçon du souterrain, quelques indications sur la consistance de la gare supérieure sont indispensables. Cette gare est établie en tranchée couverte dont le tablier métallique est situé presque au

niveau du sol de la voie publique. Au-dessus des voies, ce tablier est supporté par une double file de colonnes métalliques disposées le long de la bordure des quais. Entre ces colonnes et les piédroits latéraux de la gare, le tablier repose sur une série de poutrelles prolongeant, au droit de chaque colonne, les poutres de la partie centrale, et reliées par des voûtes en maçonnerie reposant, d'une part sur le piédroit, d'autre part sur des longérons reliant longitudinalement les colonnes. Les piédroits, d'une épaisseur de 2 mètres, sont établis, en plan, suivant une courbe de 250 mètres de rayon. L'état de bouleversement du sous-sol et la présence de plusieurs fontis exigèrent, lors de l'établissement de la gare, des consolidations importantes : les colonnes furent fondées sur des piliers en béton descendus jusqu'au sol non exploité et le radier repose sur une série de voûtes irrégulières reliant les blocs de masse demeurés en place. Enfin, dans l'axe de l'entrevoie, a été établi un égout destiné à recevoir et à évacuer les eaux chaudes provenant du tender de chaque train arrivant de la gare du Luxembourg ; le dessous de cet égout correspondait exactement au niveau de l'extrados du souterrain métropolitain.

Après étude faite de concert entre les ingénieurs de la Ville de Paris et ceux de la Compagnie d'Orléans, un programme d'exécution comportant les phases principales ci-après fut arrêté :

1° Reprise en sous-cœuvre des fondations des colonnes *c*, *d* et *e* (fig. 8).

2° Construction des piédroits du Métropolitain en galeries souterraines ;

3° Construction de la voûte ;

4° Enlèvement du stross, rescindement des fondations de colonnes traversant le souterrain ; enfin, confection du radier.

Pour la reprise des fondations de colonnes, on isola d'abord chacune de celles-ci du tablier métallique au moyen de fortes charpentes soutenant les longérons longitudinaux ; une fouille, partant du quai, fut ouverte jusqu'au niveau de la fondation existante, puis poursuivie en galerie horizontale d'où fut foncé un puits de 2 mètres de diamètre qu'on combla en béton surmonté d'un massif en meulière assurant la liaison avec le pilier existant. Le pilier de fondation de la colonne *c*, compris dans le piédroit

du souterrain à construire, fut descendu jusqu'au niveau du radier de ce dernier ; les colonnes *d* et *e*, se trouvant au-dessus de la voûte du Métropolitain, leurs fondations furent arrêtées à l'intrados de cette voûte dans laquelle elles pénétrèrent sous forme de claveaux trapézoïdaux.

Les piédroits du Métropolitain, dont l'épaisseur sur ce point a été portée de 0,75 m. à 2 mètres, furent construits au moyen de galeries d'avancement superposées ; ces galeries, au nombre de quatre sous les piédroits du chemin de fer de Sceaux et de trois sous les voies (fig. 8, 9 et 12), furent commencées simultanément dans les parties diagonalement opposées de la traversée (1 et 2 (fig. 8). Les galeries inférieures, ouvertes naturellement en premier lieu, traversant des fontis, exigèrent divers travaux de consolidation : piliers en béton ou massifs maçonnés entre lesquels furent établis des plateaux en béton renforcés par un grillage en fers ronds.

Au fur et à mesure du percement, les galeries étaient maçonnées, sauf un vide intérieur, ménagé pour permettre la circulation et l'enlèvement des déblais de l'avancement (ce vide est indiqué en traits pointillés sur les figures 9 et 12) ; toutefois, chaque galerie fut entièrement comblée avant que la galerie supérieure fût entreprise. Les parties de piédroits 1 et 2 (fig. 8) étant ainsi construites, il fut procédé de même pour les parties 3 et 4 ; les piédroits du chemin de fer de Sceaux se trouvèrent ainsi soutenus aux quatre points de rencontre avec ceux du Métropolitain, et l'on put aborder le prolongement de ces derniers sous les voies ferrées.

Ces dernières avaient été tout d'abord renforcées par des longrines de fort équarrissage, de longueur suffisante pour assurer un appui de part et d'autre de l'emprise du Métropolitain. En même temps que la maçonnerie de la galerie supérieure, fut construite une amorce de la voûte (fig. 12).

Pour la construction de la voûte, dont l'épaisseur fut portée à 1,20 m. à la clef, on procéda comme pour le souterrain courant : une galerie d'avancement fut ouverte dans l'axe et à la partie supérieure du gabarit de l'ouvrage. On procéda ensuite par abatages latéraux de 2 mètres de largeur poussés jusqu'à l'amorce de

voûte de la galerie supérieure du piédroit et on maçonna successivement les anneaux de voûte correspondants dans lesquels furent incorporées les fondations des colonnes (fig. 11).

Détail à noter : afin d'éviter, sous les voies ferrées supérieures, le tassement qu'eût pu occasionner plus tard la pourriture des planches de cintrage abandonnées en terre, on substitua à celles-ci des tôles de 0,008 mm. d'épaisseur ; onglobées dans le mortier de ciment, ces dernières se conserveront indéfiniment et ne donneront lieu, par suite, à formation d'aucun vide dans le sol.

Enfin, la voûte ainsi établie sans incident, le stross put être enlevé sans difficultés : on procéda ensuite à la confection du radier avec consolidations préalables (piliers en béton, voûtes de décharge, plateaux grillagés, etc.) sur les points où ces ouvrages furent reconnus nécessaires en raison de l'état du terrain sous-jacent.

Il reste à exposer sommairement le mode de construction de la station « Boulevard Raspail » qui, comme il a été expliqué (voir « Ouvrages spéciaux »), se compose en réalité de deux stations ordinaires accolées qui durent, nécessairement, être construites simultanément de manière à équilibrer les pressions sur la culée commune (fig. 13).

Cinq galeries longitudinales furent ouvertes à la partie inférieure du gabarit : l'une AB, à l'emplacement de la culée commune, une dans l'axe de chacune des lignes n^{os} 2 Sud et 4, les deux autres sous les culées latérales CD et EF. Le service dans ces galeries fut assuré par trois galeries transversales CE, IJ et GH. Ici, on se trouvait dans un terrain, de nature rocheuse, assez résistant pour que l'on fût obligé de recourir, pour partie du déblaiement, à l'emploi de la poudre de mine. Cette circonstance fut mise à profit par l'ouverture de la galerie centrale suivant des dimensions exceptionnelles : 4,50 m. de hauteur sur 3,50 m. de largeur moyenne.

Les culées centrales et latérales étant maçonnées, on entreprit la construction des deux voûtes au moyen de galeries axiales supérieures et d'abatages par anneaux alternés de 3,20 m. de longueur.

Le radier franchissant, en certains points, des fontis ou des

parties de sol bouleversées, fut établi partout où cela fut reconnu utile, sur voûtes de décharge s'appuyant sur des piliers descendus jusqu'au sol ferme, ou sur plateaux en béton renforcés par un grillage métallique.

La station « Boulevard Raspail » fut exécutée dans des conditions de rapidité véritablement extraordinaires ; commencées le 29 janvier 1903, les deux voûtes étaient achevées le 14 mars suivant, c'est-à-dire dans un délai de quarante-quatre jours, ce qui correspond à un avancement quotidien moyen de 4,70 m. de double voûte.

8^e lot. — Le huitième lot s'étend, sur les boulevards Saint-Jacques et Auguste Blanqui (ancien boulevard d'Italie), entre les ouvrages de passage de mêmes noms (ouvrages spéciaux *j* et *m*) ; il correspond à la dépression formée par la vallée de la Bièvre et comprend, en outre de la station « Rue de la Glacière », 28 travées de viaduc courant, savoir :

15 travées de 22,50 m. ;

7 travées de 19,50 m. ;

2 travées de 27,06 m. (au-dessus des traversées des rues de la Glacière et Vulpian) ;

2 travées de 44,73 m. (la première au-dessus du carrefour des rues Ferrus et de la Santé, la seconde au-dessus des deux bras de la Bièvre passant par les rues Paul-Gervais et Edmond-Gondinet) ;

2 travées obliques (à l'extrémité du lot, près de la rue Corvisart).

L'établissement des fondations et des appuis (piliers et colonnes) du viaduc n'a présenté aucune particularité. Le montage du viaduc s'est effectué par des moyens analogues à ceux employés sur les 3^e, 4^e et 5^e lots avec, toutefois, quelques différences de détails dans la nature des engins de levage et la mise en place des poutres. Ces dernières, amenées sur place en trois tronçons et assemblées sur le sol, étaient montées sur leurs appuis au moyen de deux ponts roulants comme sur les lots précités. Mais ici, la première poutre montée étant maintenue en place par l'un des ponts roulants, on montait et assemblait les entretoises sur cette poutre par l'autre pont roulant, leur extrémité libre reposant sur une poutrelle auxiliaire placée sur pylônes en char-



Fig. 76. — Vue du viaduc courant en cours de montage boulevard Auguste-Blanqui (8^e lot).

penne ; la seconde poutre était, seulement alors, levée à son tour et assemblée directement sur les entretoises.



Fig. 77. — Vue du viaduc courant, boulevard Auguste-Bianqui.

Les poutres des travées de 44,73 m. furent levées et assemblées en trois tronçons reposant sur leurs appuis et sur deux pylônes intermédiaires en charpente; après quoi on procéda à leur assemblage et au rivetage.

La figure 76 montre le viaduc en cours de montage sur le boulevard Auguste-Blanqui; on distingue nettement les deux ponts roulants et les pylônes accessoires en charpente; la figure 77 donne l'aspect du même viaduc terminé.

9^e lot. — Compris entre deux parties de ligne en viaduc, le neuvième lot était entièrement souterrain et comportait, par suite, un ouvrage de passage à chacune de ses extrémités (voir « Ouvrages spéciaux » *m* et *q*). Outre le souterrain courant, il comprenait les ouvrages importants formant la boucle de la place d'Italie et cinq stations, l'une à ciel ouvert « Rue Corvisart », les quatre autres souterraines, « Place d'Italie » (2 stations), « Rue de Campo-Formio » et « Boulevard Saint-Marcel ».

Cinq puits d'attaque principaux, avec monte-charges électriques à double effet, furent pratiqués : trois sur la place d'Italie, les deux autres sur le boulevard de l'Hôpital, à proximité des stations « Rue de Campo-Formio » et « Boulevard Saint-Marcel »; d'autres attaques secondaires furent installées sur divers points du lot, au fur et à mesure de l'avancement des travaux. Le transport des déblais et des matériaux était assuré par une voie ferrée de 1 mètre posée sur la voie publique par l'entrepreneur et reliant ses divers chantiers avec une estacade établie en Seine le long du quai d'Austerlitz; le matériel de transport se composait de 5 locomotives de 10 tonnes, d'un tracteur électrique de 8 tonnes et de 40 wagonnets de 2 mètres cubes.

L'énergie électrique destinée à l'éclairage des chantiers, ainsi qu'au fonctionnement des monte-charges et du tracteur, était produite par trois machines à vapeur demi-fixes d'une puissance totale de 150 chevaux.

L'état du sol, anciennement exploité, a exigé des travaux de consolidation dans toute l'étendue du lot. Mais, sur deux points correspondant respectivement à la station « Rue de Campo-Formio » et à une partie de la station « Boulevard Saint-Marcel »,

on a dû recourir en outre à des renforcements considérables des types d'ouvrages prévus. Les piédroits, renforcés par de puissants contreforts reposant sur des puits bétonnés, s'appuient sur une série de voûtes fondées également sur piliers en béton. Le radier est disposé, sur sa face inférieure, en voûtes d'arête supportées par d'autres piliers bétonnés. Les figures 14 à 18 (pl. XXXV) permettent de comprendre aisément les dispositions ainsi adoptées. Des mesures analogues durent être prises à la station « Boulevard Saint-Marcel », mais seulement sous une faible partie de l'ouvrage, indiquée en plan par la figure 1 (pl. XXXVI).

Les travaux ci-dessus de la station « Rue de Campo-Formio » ont été exécutés entièrement en souterrain. Après avoir percé la galerie d'avancement sur toute la longueur de la station, on entreprit les abatages simultanément aux deux extrémités en y comprenant à la fois la voûte et la largeur correspondante des piédroits et contreforts ; en raison de la mauvaise tenue du terrain, on ne pouvait attaquer un abatage qu'après achèvement presque complet de la maçonnerie de l'abatage précédent. La plus grande prudence dut être observée pendant toute la durée des travaux ; aussi ne fallut-il pas moins de six mois pour mener à bonne fin la construction de la voûte et des piédroits.

Pour les autres ouvrages, on employa la méthode ordinaire par boisages ; toutefois, pour les « culottes » d'ouverture supérieure à 10 mètres, on construisit les piédroits en galerie en même temps que les anneaux de voûte correspondants. Enfin, l'établissement de la station « Place d'Italie », située au sommet de la boucle et du souterrain y accolé, fut réalisé suivant les phases ci-après :

- 1° Construction simultanée de la voûte du souterrain et du piédroit commun ;
- 2° Enlèvement du stross du souterrain et construction du piédroit extérieur ;
- 3° Exécution du radier du souterrain ;
- 4° Construction de la voûte de la station et du piédroit extérieur de celle-ci ;
- 5° Enlèvement du stross ;
- 6° Etablissement du radier de la station.

10^e lot. — Le dixième lot, entièrement aérien, s'étend de l'ouvrage de passage du boulevard de l'Hôpital jusqu'à l'origine du viaduc d'Austerlitz ; en dehors du viaduc courant, il comprend la traversée du chemin de fer d'Orléans (Ouvrages spéciaux, r).

Les fondations ont été exécutées d'après les méthodes en usage pour ce genre de travail, mais ont dû être descendues à une profondeur relativement considérable, variant de 8 mètres à 12 mètres ; le sol était ici formé de remblais, d'alluvions sableuses et marneuses ou de tourbes noyées dans une nappe aquifère ; en dessous, l'on trouvait un banc de plaquettes de calcaire grossier sur lequel purent être assises les fondations. Le débit de la nappe a nécessité des épuisements énergiques au moyen de pompes centrifuges mues électriquement.

Pour permettre le coulage à sec du béton dans les puits, le tuyau d'aspiration des pompes et sa crépine étaient enfermés dans une gaine en bois autour de laquelle le béton était projeté à sec ; lorsque le béton arrivait au niveau de la nappe, on retirait rapidement la gaine avec le tuyau, puis un bouchon en béton, préparé d'avance, était immédiatement glissé dans le vide laissé par la gaine.

La présence de divers ouvrages d'édilité rendit également assez difficile l'exécution des fondations de divers appuis et exigea des dispositions spéciales. Nous citerons, notamment :

1^o L'appui n^o 21 (voir pl. XXI, fig. 7), situé dans la cour de départ de la gare d'Orléans, où un égout se trouvait en partie englobé dans la fondation de la colonne de gauche (fig. 2 et 3, pl. XXXVI).

2^o L'appui n^o 22, situé à l'aplomb de la grille de clôture de la gare d'Orléans, le long du quai d'Austerlitz, à proximité du point de croisement de deux égouts dont l'un, coupant en plein la fondation de la colonne de droite, dut être dévié sur une certaine longueur pour passer entre les fondations des deux colonnes (fig. 4 à 6).

3^o L'appui n^o 23, qui coïncidait sensiblement avec l'arête du perré séparant le quai d'Austerlitz du port de ce nom. Sur ce point le perré a été modifié et établi en forme de terrasse s'étendant au droit des deux colonnes composant l'appui (fig. 7 à 9).

. D'autre part, l'établissement des fondations de la grande travée double dont est formée la station « Gare d'Orléans » a présenté des difficultés spéciales tenant à la fois à la nature du sol, comme il est dit plus haut, à la proximité immédiate des fondations du grand hall de la gare d'Austerlitz, et à l'importance exceptionnelle des charges transmises par les appuis. Les bâtiments de l'Orléans étant fondés sur un sol trop peu résistant pour les fortes charges du viaduc, les fondations de ce dernier durent, pour trouver un sol suffisamment ferme, être descendues en contre-bas des premières.

On sait que la station est constituée par deux travées jumelées de 52,55 m. de portée reposant, à chaque extrémité, sur une file transversale de trois piliers (appuis 18 et 19) formés de caissons verticaux, en tôle et cornières, remplis de béton. Du côté de la Seine, à l'appui 19 que nous citerons comme exemple, le pilier central recevait, en outre des appareils d'appui des deux poutres de rive intérieures de la station, la retombée d'une ferme du grand hall de la gare d'Austerlitz : la charge totale ainsi transmise sur la fondation atteignait le chiffre de 800 tonnes.

Ce pilier central devait occuper l'emplacement d'une pile en pierre supportant, entre deux baies consécutives, la toiture du hall. Il fallait naturellement exécuter le travail de fondation de la station métropolitaine avant de démolir cette pile ; en outre, et par mesure de sécurité, on éleva un pylône en charpente supportant, au moyen de vérins, la ferme correspondante du hall. La fouille fut alors ouverte en grand ; mesurant 8,50 m. \times 9,50 m. en plan, elle fut descendue jusqu'à 12,25 m. de profondeur (cote 22,25), sur la couche de plaquettes calcaires dont il a été question plus haut. La nappe aquifère, rencontrée vers la cote 25, exigea des épaissements énergiques en vue desquels furent installées, dans la cour du départ, deux locomobiles de 30 chevaux actionnant 5 pompes centrifuges de 0,075 m. et 0,15 m. de diamètre ; des « renards » abondants qui se manifestèrent dans le fond de fouille furent drainés par des tuyaux en fonte et leurs eaux amenées au puisard.

Afin de maintenir en place les fondations de l'Orléans, faites de béton, on battit des blindages en madriers en contre-bas de la



Fig. 78. — Traversée de la gare d'Austerlitz. Pont de service et échafaudage sous le hall.



Fig. 79. — Viaduc courant et ouvrage de passage, boulevard de l'Hôpital. Atelier de rivetage hydraulique du viaduc.

fouille en cours en les appuyant de solides étrépillons de 0,30 m.

de diamètre. La fondation nouvelle, en béton de ciment de Portland, fut coulée à sec sur un lit de cailloux assurant l'écoulement facile des eaux sur le fond de la fouille.

Pour répartir uniformément la charge de 800 tonnes transmise par l'appui sur la fondation, on établit, sur toute la surface de celle-ci, un plancher rigide en béton de 1,16 m. d'épaisseur, garni d'une double armature de fers ronds de 0,030 m. de diamètre. Sur ce plancher furent disposés des fers à I noyés dans le béton et supportant la plaque d'appui en acier coulé servant d'embase au pilier central.

Sur la figure 78, on voit le plancher de service ayant servi au montage des deux travées de la station dans le hall d'Austerlitz, en utilisant, pour les palées, les quelques points laissés disponibles par les voies du chemin de fer; à gauche et à droite, on aperçoit les pylônes élevés pour soutenir les fermes du hall pendant les travaux d'aménagement des baies de pénétration dans les murs latéraux de la gare.

Le viaduc courant a été monté à l'aide d'un plancher de service, sur palées en charpente, élevé à hauteur des appareils d'appui; une grue électrique mobile sur rails fut employée pour le montage des pièces qui étaient tout d'abord mises en place et assemblées au moyen de broches et de boulons. Le rivetage hydraulique suivait aussitôt; l'atelier de rivure était établi sous un hall amovible comportant deux riveuses et un four à chauffer les rivets. Toutefois, vu l'impossibilité de faire franchir à cet atelier la gare d'Austerlitz, on dut procéder au rivetage à la main des travées de la station métropolitaine et des travées courantes lui faisant suite jusqu'au viaduc sur la Seine.

La figure 79 montre l'atelier de rivetage installé sur les premières travées du lot, immédiatement après l'ouvrage de passage du boulevard de l'Hôpital que l'on voit au second plan; au premier plan, le plancher de montage du viaduc se distingue également.

41° lot. — Le onzième lot comprenait le viaduc d'Austerlitz, la travée de type courant le précédant immédiatement sur la rive gauche et les travées hélicoïdales lui faisant suite sur la rive droite.

Le montage de la travée d'approche de la rive gauche a été fait sur pont de service sans donner lieu à particularité quelconque.

Les massifs de fondation des culées du viaduc d'Austerlitz ont été exécutés au moyen de caissons foncés à l'air comprimé. Ces caissons montés sur la basse-berge du port d'Austerlitz (fig. 80), à 200 mètres environ en amont du viaduc à construire, ont été mis à l'eau par glissement sur un ber de lancement (fig. 81) et remorqués ensuite par flottaison à leurs emplacements respectifs. Ces emplacements avaient été préalablement dragués pour établir une plateforme horizontale, correspondant à chacun d'eux, vers la cote 22,50 m., soit à 4,80 m. en contre-bas du niveau normal de la Seine (cote 27,30). Du côté de la rive droite, l'établissement de cette plateforme avait dû être précédé de la démolition, à l'aide de caissons mobiles, d'une partie du mur de quai, sur 24 mètres de longueur.

Le fonçage des deux caissons, de 22 mètres de longueur et 18 mètres de largeur, partagés par une poutre médiane dans le sens de la plus grande dimension, n'a rien présenté de particulier. Toutefois, le fonçage du caisson de rive gauche a été rendu assez laborieux, à son début, par une des crues du fleuve qui ont marqué l'hiver de 1903-1904.

Les massifs, descendus sur la rive gauche jusqu'à la cote 16,08 m. et sur la rive droite à la cote 17,48 m., reposent sur les couches dures du calcaire grossier inférieur; ils représentent une masse de béton de ciment et de maçonnerie de moellons de Souppes de 4.500 m³ pour la rive gauche et de 3.900 m³ pour la rive droite, soit un total de 8.400 m³.

Le fonçage du caisson de rive gauche, commencé le 4 mars 1904, fut achevé le 2 avril suivant; la même opération, commencée le 3 juin 1904 pour le caisson de rive droite, était terminée le 5 juillet.

Les maçonneries des culées comprenaient, pour chacune d'elles, environ 280 mètres cubes de pierre de taille de Souppes, 60 mètres cubes de pierre de taille de granit, 360 mètres cubes de pierre de taille d'Euville et 1.200 m³ de maçonnerie de remplissage en moellons bruts de Souppes. Jusqu'à la cote 38, c'est-à-dire jusqu'au pied des pylônes supérieurs, ces maçonneries ont été montées au moyen d'une grue flottante de 6 tonnes qui prenait les matériaux



Fig. 80. — Viaduc d'Austerlitz. Montage du caisson de rivo gauche.

sur bateau et les déposait à pied d'œuvre. Pour la maçonnerie

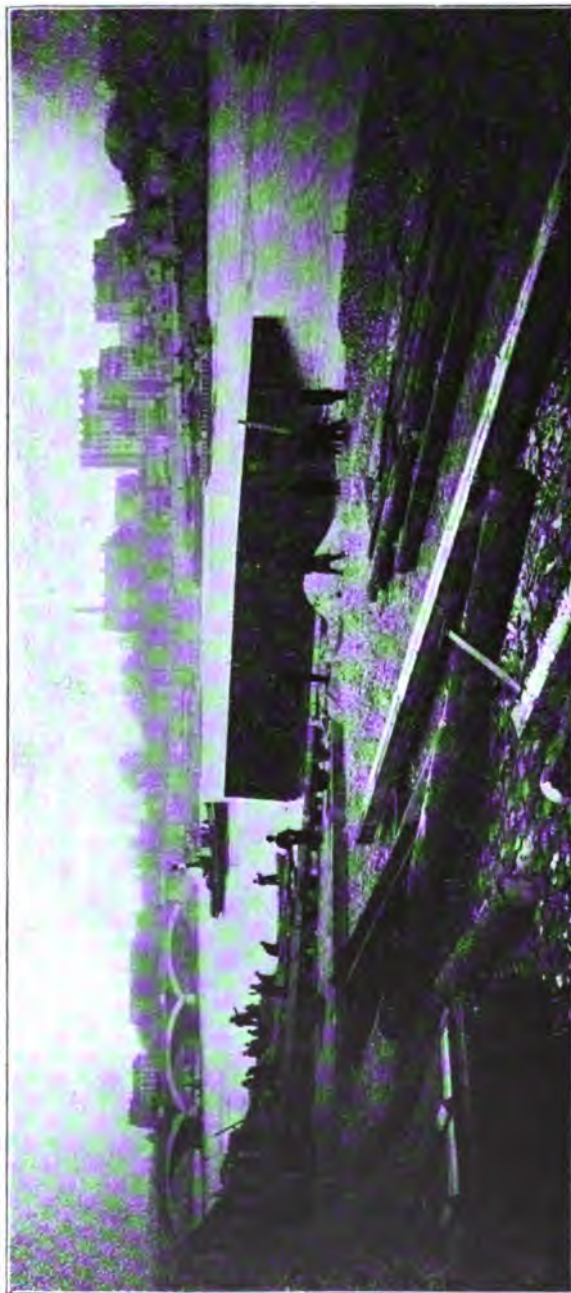


Fig. 81. — Viaduc d'Austerlitz. Mise à l'eau du caisson de rive gauche.

des pylônes, dont le sommet s'élève à 17,50 m. au-dessus du



Fig. 82. — Viaduc d'Austerlitz. Retombées de l'arc (rive gauche) et pont de service. Vue en bout de la rive gauche.

niveau de la Seine, on s'est servi, à chaque culée, de deux fortes sapines munies de treuils puissants actionnés par une locomobile et capables de soulever les pierres de taille d'Euville marbrier dont le poids atteignit jusqu'à 10 tonnes.

La culée de rive gauche, la plus lourde, comporte un cube total de 6.400 m³ de maçonnerie représentant un poids de 14.700 tonnes environ.

Les maçonneries en élévation ont été exécutées du 2 avril au 27 août 1904 pour la culée de rive gauche et du 5 juillet au 15 octobre de la même année pour la culée de rive droite.

La partie métallique du viaduc a été mise en place au moyen d'un pont de service en charpente dont le plancher, de 12 mètres de largeur, était établi à la cote 37,50; ce plancher était supporté par des poutres droites continues en charpente, de 3 mètres de hauteur, reposant sur 10 palées formées chacune de 12 pieux battus au refus (fig. 10 à 12, pl. XXXVI).

Les palées laissaient entre elles six passes navigables, dont les quatre centrales présentaient une ouverture libre de 17,75 m. et les deux latérales 9,95 m. d'ouverture. L'appui central était formé de deux palées accouplées; les appuis contre culées comportaient une charpente continue de 14,28 m. de largeur correspondant à chaque retombée; sauf ces dernières, toutes les palées étaient protégées, à l'amont et à l'aval, par des estacades triangulaires (fig. 83).

Le plancher du pont de service était prolongé, au delà de la culée de rive gauche (fig. 10, pl. XXXVI), de telle façon que les voitures amenant les pièces métalliques pouvaient venir se placer sous le rayon d'une grue de 6 tonnes qui, après les avoir déchargées, élevait les pièces au-dessus du pont de service et les déposait sur des plateformes circulant sur une voie ferrée de 0,60 m. établie sur toute la longueur du plancher (fig. 82).

Le montage proprement dit a commencé par la mise en place des deux retombées au moyen d'un pont roulant muni d'un treuil (fig. 12, pl. XXXVI); il fallut, par suite, procéder en même temps au scellement des appareils d'appui des retombées sur les tables de granit des culées et à celui des tiges d'ancrage du tablier. On monta ensuite sur un plancher incliné établi *ad hoc*, la partie des

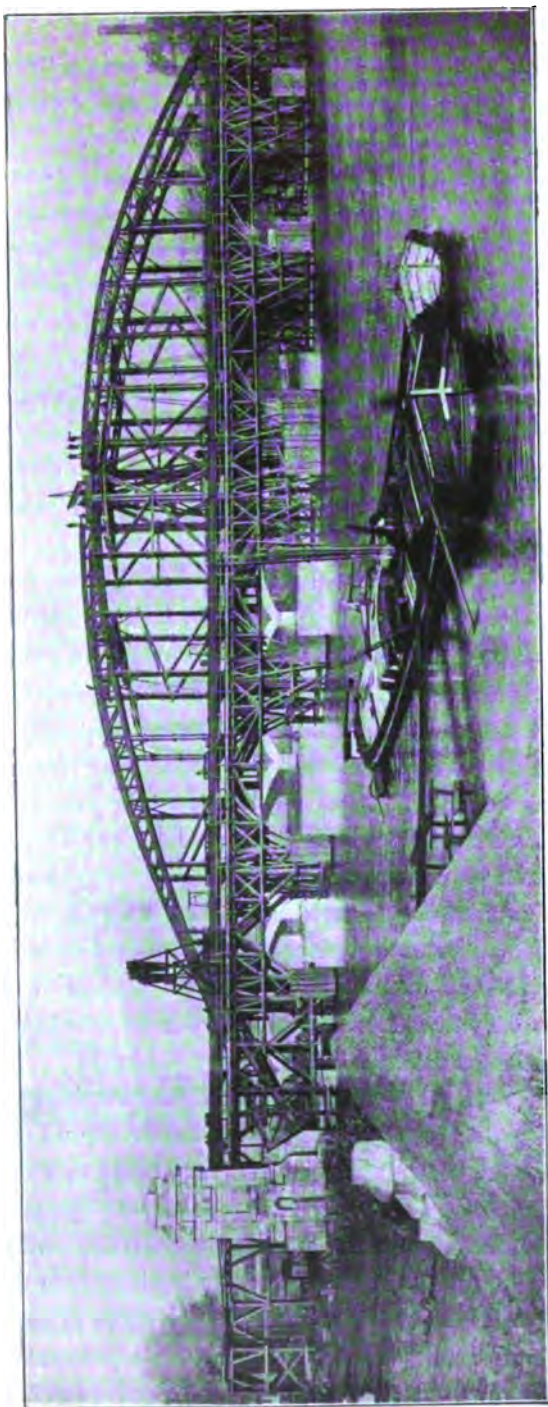


Fig. 83. — Viaduc d'Austerlitz. Pont de service et montage des arcs. Vue d'ensemble.

retombées formant prolongement des arcs, puis cette dernière fut assemblée ensuite, un peu au-dessous de l'articulation des reins, avec la partie du tablier ancrée dans les pylônes.

Les retombées ainsi en place, on continua le montage du tablier en partant de la rive droite, au moyen du pont roulant et en se rabattant vers la rive gauche ; cette opération, effectuée sur calages disposés sur le plancher du pont de service, ne présenta aucune difficulté ; on remarquera (fig. 12, pl. XXXVI) que le plancher de service avait été établi plus large que le tablier, de façon à pouvoir, de part et d'autre de celui-ci, installer une voie ferrée pour la circulation du pont roulant. En établissant ainsi le tablier en premier lieu, on profitait immédiatement de sa résistance aux efforts horizontaux et l'on se mettait à l'abri des effets du vent ou d'une débâcle possible de la Seine.

Le tablier étant construit et parfaitement dressé, on s'en servit comme plancher de montage des arcs ; une voie ferrée fut établie dans toute sa longueur pour servir de chemin de roulement à un pylône en charpente de 12 mètres de hauteur portant à sa partie supérieure une grue pivotante de 6 tonnes destinée à mettre en œuvre les différentes pièces des arcs et de leur contreventement. Sur la figure 84 on voit : au premier plan, le pont roulant et son treuil ; au deuxième plan, le pylône dont il vient d'être parlé ; dans l'axe de l'ouvrage, la voie de roulement de ce pylône.

On procéda ensuite au montage des montants de suspension ; raidis par des poteaux en bois et contreventés de proche en proche avec les montants voisins, ils servirent d'appui à un plancher auxiliaire en forme de cintre sur lequel furent montés et assemblés les tronçons successifs d'arcs.

Le montage des arcs a été poursuivi en procédant symétriquement en partant de chaque retombée. Les tronçons d'arcs, clavés mais toujours placés sur calages, ont été au fur et à mesure munis de leur entretoisement transversal ; après cette opération, il a suffi de décaler d'abord les arcs, puis les montants, enfin le tablier, pour rendre le viaduc indépendant de la charpente de montage ; celle-ci n'a, d'ailleurs, été démontée qu'après mise en place des fontes d'ornementation et achèvement de la peinture.

La construction du pont de service exigea quatre mois : com-

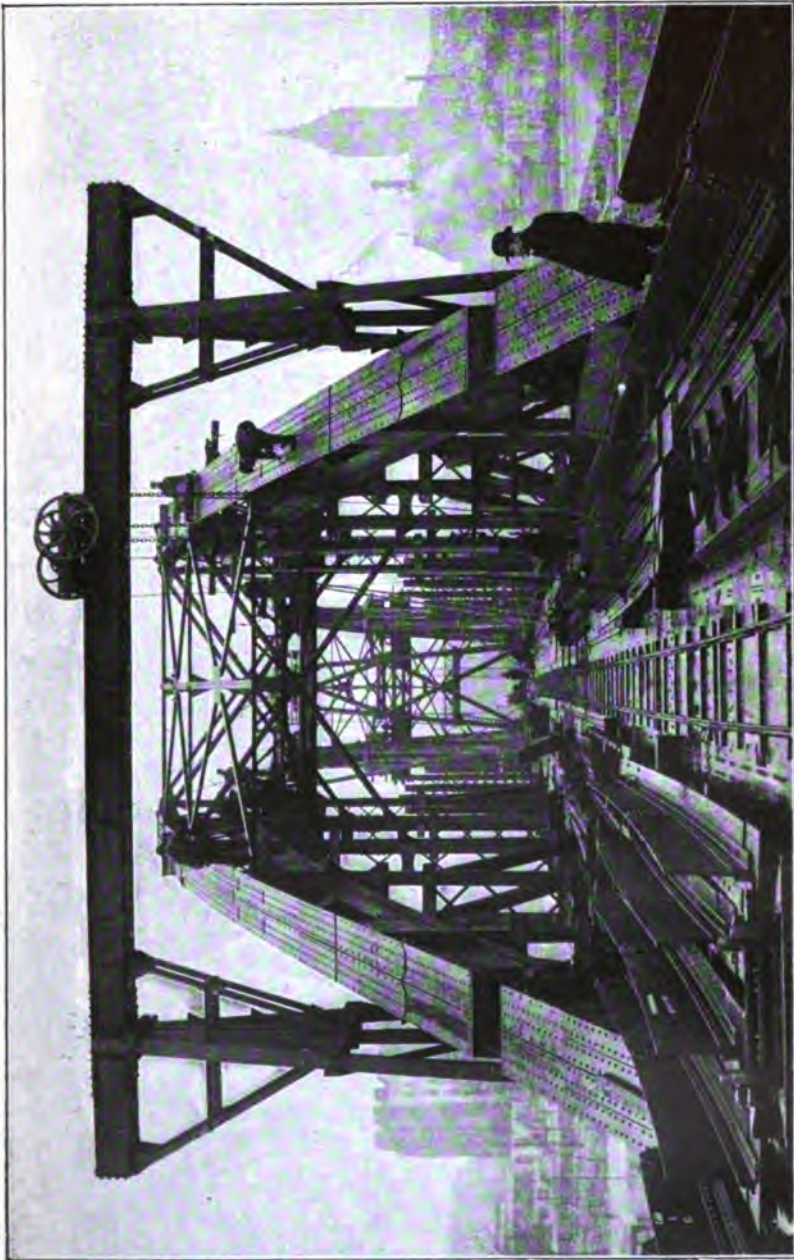


Fig. 84. — Viaduc d'Austerlitz. Montage des arcs. Vue en bout.

mencée le 6 avril 1904, elle a été terminée le 4 août suivant ; le même

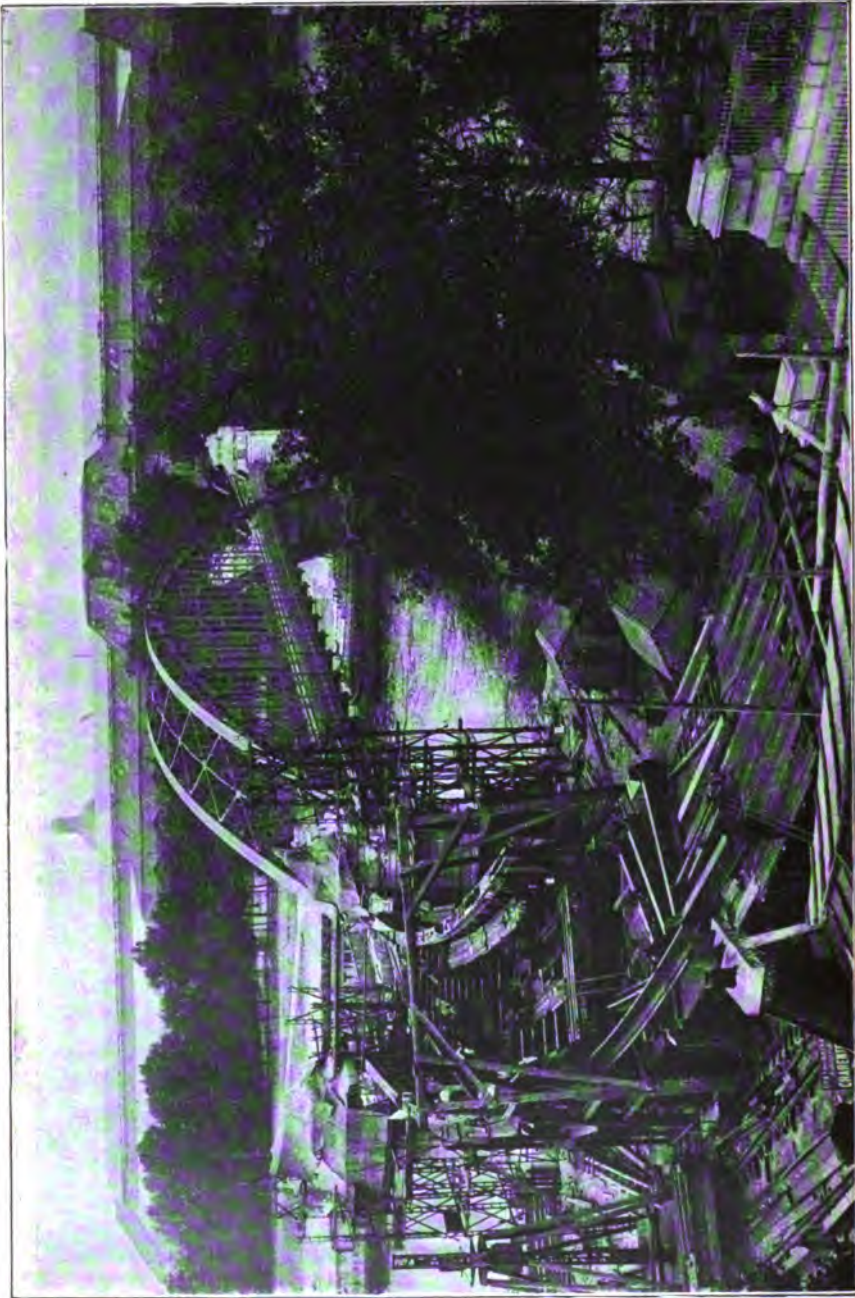


Fig. 85. — Vue du chantier de montage des travées hélicoïdales de la place Mazas.

jour était entrepris le montage du viaduc qui fut achevé le 22 décembre de la même année.

Enfin, les travées hélicoïdales faisant suite au viaduc sur la rive droite ont été montées, sans incident notable, sur pont de service; une grue pivotante de 8 tonnes pouvant circuler sur une voie ferrée installée sur le terre-plein du quai de la Râpée, sert à monter les pièces métalliques sur le pont de service. La figure 85 donne une vue d'ensemble du chantier de montage des dites travées; à gauche, la grue pivotante sur sa voie de service; au second plan, le viaduc sur la Seine; à droite, l'origine de l'ouvrage de passage de la place Mazas.

XVI. — MISE EN EXPLOITATION

Les travaux de la ligne n° 2 Sud, entre la place du Trocadéro et le pont d'Austerlitz sur la rive droite, ont été exécutés sous la haute direction de M. F. Bienvenüe, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, chef du Service technique, assisté de M. L. Biette, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, par MM. Suquet et Pollet, Ingénieurs des Ponts et Chaussées, et Thomas, Ingénieur municipal de la Ville de Paris, chargés respectivement des sections Est, Ouest et Quatrième.

La ligne a été ouverte à l'exploitation par tronçons successifs, aux dates ci-après :

Section Trocadéro-Quai de Passy, 5 novembre 1903.

Section Quai de Passy-Place d'Italie, 24 avril 1906.

Section Place d'Italie-Gare d'Orléans, 2 juin 1906.

Section Gare d'Orléans-Gare de Lyon (exploitation provisoire en attendant l'ouverture de la ligne n° 5 faisant suite à la ligne n° 2 Sud), 14 juillet 1906.

La ligne n° 5 ayant été ouverte à l'exploitation, entre le pont d'Austerlitz et la station « Rue de Lancry », le 17 décembre 1906, le service de la ligne n° 2 Sud entière put, à partir de cette date, être assuré normalement.

Nous rappellerons, pour mémoire, que la section Etoile-Trocadéro, comprise dans la première fraction métropolitaine, avait été ouverte au public dès le 2 octobre 1900.

CHAPITRE V

LA LIGNE N° 3, DU BOULEVARD DE COURCELLES A MÉNILMONTANT

Exposé. — Avec les lignes n° 1, de la porte de Vincennes à la porte Maillot, et n° 2, circulaire par les anciens boulevards extérieurs, la ligne n° 3 complète le premier réseau dont, conformément à la convention de concession, la Ville de Paris devait obligatoirement poursuivre la construction¹. Aux termes de la loi de 30 mars 1898, déclarative d'utilité publique du Métropolitain de Paris, cette ligne formait la section C du réseau et devait s'étendre de la porte Maillot à Ménilmontant ; mais par application des combinaisons adoptées pour l'exploitation des lignes métropolitaines, les terminus de la ligne n° 3, qui forme une transversale Ouest-Est, ont été fixés respectivement au boulevard de Courcelles (parc Monceau) et à Ménilmontant (place Gambetta).

I. — INFRASTRUCTURE

1° *Tracé en plan.* — La ligne n° 3 part du boulevard de Courcelles au débouché de l'avenue de Villiers, où elle a une station commune avec la ligne circulaire de la rive droite ; en arrière de cette station, une double voie juxtaposée à la ligne circulaire remonte vers le parc Monceau où elle s'épanouit en boucle d'évitement.

De l'autre côté, la ligne se dirige vers la gare Saint-Lazare par les rues de Constantinople et de Rome, emprunte le boulevard Haussmann sur une faible longueur, entre les rues de Rome et Tronchet, la rue Auber dans toute son étendue et traverse obli-

¹ Voir tome I, chapitre 1, § 5 a.

quement la place de l'Opéra pour rejoindre la rue du Quatre-Septembre; elle emprunte cette dernière voie, puis les rues Réaumur et de Turbigo, et atteint la place de la République qu'elle traverse à l'Est; elle suit enfin l'avenue de la République, puis l'avenue Gambetta jusqu'à la place de ce nom où est établi le terminus.

Ce terminus, qui sera étudié plus loin en détail, est formé de deux branches droites se séparant à la place Gambetta, suivant respectivement la rue Belgrand et l'avenue Gambetta et reliées entre elles par une demi-boucle convexe qui s'étend de l'une à l'autre en passant sous le square Tenon et la rue de la Chine, tangentiellement au mur de clôture de l'hôpital Tenon.

La ligne touche ou traverse 16 quartiers dont la ligne suit avec indication des populations qu'ils renferment ¹:

1. Plaine Monceau	39 434 habitants.
2. Europe	37 529 —
3. Batignolles	59 278 —
4. Madeleine	23 212 —
5. Chaussée-d'Antin	19 920 —
6. Gaillon	6 860 —
7. Vivienne	40 267 —
8. Le Mail	15 950 —
9. Bonne-Nouvelle	28 039 —
10. Arts-et-Métiers	23 327 —
11. Enfants-Rouges	20 459 —
12. Porte-Saint-Martin	40 560 —
13. Folie-Méricourt	56 279 —
14. Saint-Ambroise	48 295 —
15. La Roquette	75 906 —
16. Père-Lachaise	53 281 —

Total de la population desservie . . 558 596 habitants.

Elle met en relation rapide les quartiers du nord-ouest et du nord-est de Paris avec le centre des affaires : La Bourse, les Halles, la Bourse du Commerce, la Banque de France, etc., et avec la tête de ligne des Chemins de fer de l'Ouest (gare Saint-Lazare). Par correspondance avec la ligne circulaire Nord et avec la ligne n° 4, elle dessert également les quartiers de la périphérie Nord.

La longueur totale de la ligne, mesurée d'axe en axe des sta-

¹ Chiffres du recensement de 1906.

LIGNE DU BOULEVARD DE COURCELLES A MÉNILMONTANT 229

tions extrêmes « Avenue de Villers » et « Place Gambetta » (arrivée) est de 7004,52 m. ; la longueur développée des voies, y compris les terminus, est de 9259,36 m.

Pris dans son ensemble, le tracé ainsi défini répond aux conditions fixées par l'article 5 du cahier des charges. La boucle terminale Gambetta et le raccordement de service qui, à la traversée du boulevard de Ménilmontant relie les lignes n^{os} 2 et 3, renferment, il est vrai, quelques courbes de rayon inférieur à 75 mètres, minimum fixé par le cahier des charges ; mais les conditions où s'y fait la circulation des trains, alors vides de voyageurs, enlèvent tout inconvénient à ces augmentations de la courbure normale et rien ne s'opposait, par suite, à ce que l'on recourût, pour ces points exceptionnels, à la faculté stipulée en vue de ce cas par l'article précité, § 3, du cahier des charges.

Le tableau n^o 7 donne la récapitulation des courbes de même rayon, l'importance de leur développement et la proportion dans laquelle elles entrent dans le tracé général.

TABLEAU N^o 7.

RAYONS	VOIE DOUBLE		VOIE UNIQUE		LONGUEUR proportionnelle.	
	Nombre.	Longueur totale.	Nombre.	Longueur totale.		
39,84	1	6,05	»	»	0,001	
40,00	»	»	3	18,18	0,001	
48,46	1	102,78	»	»	0,011	
50,00	»	»	3	70,22	0,004	
58,46	1	99,28	»	»	0,011	
75,00	6	529,54	1	13,35	0,057	
95,00	»	»	1	13,85	0,001	
98,46	1	42,49	»	»	0,004	
100,00	9	385,04	2	21,29	0,042	
120,00	1	71,82	»	»	0,008	
150,00	2	108,58	»	»	0,012	
200,00	8	345,38	1	40,00	0,039	
250,00	1	105,01	»	»	0,011	
300,00	1	46,33	»	»	0,005	
500,00	2	44,44	»	»	0,005	
1 000,00	7	108,13	»	»	0,011	
Total {	des courbes.	41	1 994,87	11	176,89	»
	des alignements.		7 034,06		431,84	0,777
Ensemble.		9 028,93		608,73	1,000	

La figure 86 donne le plan d'ensemble de la ligne ainsi constituée; la figure 87 est un tracé schématisé mettant en évidence les relations de la ligne n° 3 avec les lignes actuelles ou futures du réseau; ce schéma montre en outre que l'exploitation se fait, comme pour les lignes déjà exploitées, en navette, la manœuvre des trains aux extrémités étant assurée par les boucles terminales

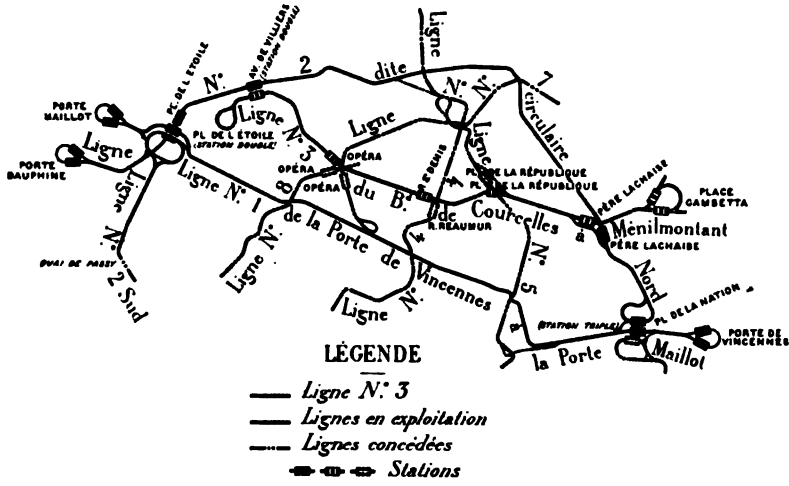


Fig. 87. — Schéma d'exploitation de la ligne n° 3 (31 décembre 1907).

Monceau et Gambetta. On sait que ce système est définitivement adopté en principe pour l'exploitation de tout le réseau.

La ligne n° 3 se trouve en contact immédiat, à la station « Avenue de Villiers », avec la ligne circulaire Nord. Au boulevard de Ménilmontant, elle croise cette même ligne en passant par-dessus; ici, l'échange des voyageurs entre les deux stations desservant respectivement les deux lignes, assuré par des galeries souterraines d'intercommunication, évite au public de remonter à la surface du sol pour passer d'une station à l'autre.

Il en est de même à la traversée du boulevard de Sébastopol, où se croisent les lignes n° 3 et 4¹, et à la place de la République, où la ligne n° 3 coupe le tracé de la ligne n° 5.

A la place de l'Opéra, la ligne se croisera avec les lignes n° 7, du

¹ La ligne n° 4, dans sa partie nord s'étendant entre la porte de Clignancourt et la Seine, a été mise en exploitation le 21 avril 1908.

Palais-Royal à la place du Danube, et n° 8, d'Auteuil à l'Opéra; les tracés des trois lignes passent en un même point à des niveaux différents; l'ouvrage spécial nécessité par ce nœud important sera décrit plus loin; les échanges de voyageurs se feront dans des conditions identiques à celles expliquées ci-dessus.

2° *Profil en long.* — L'ensemble du profil en long est d'une conception simple (pl. XXXVII). Une partie centrale, sensiblement plate, s'étend de la gare Saint-Lazare à la station « Rue du Temple » située au carrefour de la voie de ce nom et de la rue de Turbigo; la ligne se relève légèrement au passage de la place de l'Opéra où elle croisera, par-dessus, les lignes n° 7 et 8; elle se creuse en cuvette à la traversée du boulevard de Sébastopol pour le passage de la ligne n° 4 et aussi, éventuellement, de la ligne d'intercommunication des gares du Nord, de l'Est, du P.-L.-M. et d'Orléans (on sait qu'aux termes de l'article 3, § 3, de la loi du 30 mars 1898, « la construction du réseau métropolitain devra laisser réalisables, au point de vue technique, les pénétrations des grandes lignes et leurs raccordements dans Paris »).

TABLEAU N° 8.

DÉCLIVITÉS	VOIE DOUBLE		VOIE UNIQUE		LONGUEUR proportionnelle.
	Nombre.	Longueur totale.	Nombre.	Longueur totale.	
Paliers.	25	4 065,40	6	442,23	0,459
0,000 à 0,001	»	»	»	»	»
0,001 à 0,004	8	1 724,43	»	»	0,185
0,005 à 0,009	1	450,00	»	»	0,048
0,010 à 0,014	1	35,00	»	»	0,004
0,015 à 0,019	1	106,00	»	»	0,011
0,020 à 0,024	2	371,00	1	166,50	0,049
0,025 à 0,029	2	264,00	»	»	0,028
0,030 à 0,034	»	»	»	»	»
0,035 à 0,040	9	2 013,40	»	»	0,216
Totaux.		9 028,93		608,73	1,000

De la gare Saint-Lazare, en allant vers l'origine de la ligne, une rampe de 0,04 permet de remonter, à la station « Place de l'Europe », au plateau de la plaine Monceau. Du côté opposé, en par-

tant de la station « Rue du Temple », le profil s'abaisse d'abord de 4 mètres environ pour passer à la place de la République, sous la ligne n° 5 qu'elle coupe sur ce point ; il se creuse immédiatement de plus de 6 mètres encore pour franchir, par-dessous, le canal Saint-Martin en laissant entre le radier du canal et l'extrados du souterrain métropolitain, une épaisseur de sol (2 mètres) suffisante pour que le passage, extrêmement scabreux, ait pu être exécuté sans risque grave de disloquer les ouvrages du canal.

Aussitôt le canal Saint-Martin franchi, la ligne gagne les hauteurs de Ménilmontant par une succession de rampes de 0,04 (déclivité maximum autorisée par la loi du 30 mars 1898) ; cette suite de rampes, qui prend fin à la station « Place Martin-Nadaud », n'est interrompue que par les stations qu'elle renferme. Ces dernières sont, naturellement, établies toutes en palier. Lorsque l'une d'elles doit être suivie d'une rampe, son palier est prolongé de ce côté d'une soixantaine de mètres afin de faciliter le démarrage et la mise en marche rapide des trains. Généralement, lorsqu'elles sont suivies ou précédées d'une pente, un prolongement de quelques mètres en palier est ménagé dans l'étendue du demi-raccordement parabolique en profil contigu ; on évite ainsi la pénétration de ce raccordement dans la station et, par suite, la déformation longitudinale correspondante des quais ; cette pénétration ne peut pas toujours être évitée : la station « Place de la Concorde », de la ligne n° 1, à son extrémité côté de la place de l'Étoile, est un exemple de ce cas qui s'est, depuis, présenté plusieurs fois.

Enfin il y a lieu de noter que sous l'avenue Gambetta, avant la place Martin-Nadaud, la ligne franchit, par-dessus, le tunnel dit de Charonne du chemin de fer de Ceinture ; ce passage ne présente d'ailleurs aucune particularité.

Enfin dans toute l'étendue de son trajet, la ligne n° 3 est souterraine. La planche XXXVII donne l'ensemble du profil ainsi défini et le tableau n° 8 donne la récapitulation des pentes et rampes de même déclivité et leur importance relative.

La proportion dans laquelle les rampes de 0,04 figurent dans le tableau est assurément considérable puisqu'elle atteint presque le $\frac{1}{5}$ de la longueur totale ; mais l'examen du profil montre

qu'elles étaient absolument commandées par les conditions topographiques du sol.

3° Types courants des ouvrages. — La ligne étant entièrement souterraine ne comporte, d'une façon générale, que les types de souterrains, à voie double ou simple; ces ouvrages sont identiques à ceux de même nature qui ont été employés dans les parties souterraines de la ligne circulaire Nord et décrits à l'occasion de la construction de cette ligne¹; les points particuliers, tels que la traversée sous le canal Saint-Martin et le terminus Gambetta, où les conditions locales ont nécessité des modifications du type normal, seront étudiés plus loin en détail (voir « Ouvrages spéciaux »).

4° Stations. — Les stations de la ligne n° 3 sont au nombre de dix-sept, savoir : Avenue de Villiers, Place de l'Europe, Gare Saint-Lazare, Rue Caumartin, Opéra, Rue du Quatre-Septembre, Place de la Bourse, Rue du Sentier, Boulevard de Sébastopol-Rue Réaumur, Arts-et-Métiers, Rue du Temple, Place de la République, Avenue Parmentier, Rue Saint-Maur, Père-Lachaise, Place Martin-Nadaud, Place Gambetta. Les deux stations que comporte le terminus Gambetta ne sont ici comptées que pour une, étant affectées exclusivement l'une à la sortie des voyageurs (arrivée), l'autre à l'entrée (départ); au point de vue de la construction des ouvrages, il y a donc lieu, en réalité, de compter dix-huit stations.

Sur ce nombre, quatre seulement sont recouvertes d'un plancher métallique; les autres sont voûtées et entièrement maçonnées. On n'a naturellement recours au premier type que lorsqu'il est impossible d'employer le second, c'est-à-dire lorsque le profil, commandé par des circonstances locales, ne laisse plus la hauteur suffisante, entre le niveau du rail et celui du sol, pour l'établissement d'une station voûtée.

Le tableau n° 9 donne la liste des stations avec indication des distances qui les séparent et du type de chacune.

¹ Voir Tome I, chap. III, § III, 1°.

LIGNE DU BOULEVARD DE COURCELLES A MÈNILMONTANT 235

TABLEAU N° 9.

NOMS des stations.	DISTANCES entre stations.	TYPES des stations.	OBSERVATIONS
Avenue de Villiers . .	m. 636,70	Station voûtée.	Station double, commune avec la ligne circulaire Nord.
Place de l'Europe . .	435,90	—	
Gare Saint-Lazare . .	353,72	Station à plancher métallique.	Point d'échange futur avec les lignes n° 7 et 8.
Rue Caumartin . . .	333,29	—	
Place de l'Opéra . . .	433,11	—	Station voûtée.
Rue du Quatre-Septembre	362,09	—	
Place de la Bourse . .	387,51	—	Point d'échange avec la ligne n° 4.
Rue du Sentier . . .	390,55	—	
Boulevard Sébastopol-Rue Réaumur . . .	362,48	—	Point d'échange avec la ligne n° 5.
Arts-et-Métiers	345,01	—	
Rue du Temple	308,10	—	Point d'échange avec la ligne n° 5.
Place de la République	730,04	—	
Avenue Parmentier . .	417,13	—	Point d'échange avec la ligne circulaire Nord.
Rue Saint-Maur	537,87	—	
Père-Lachaise	736,00	Station à plancher métallique.	Point d'échange avec la ligne circulaire Nord.
Place Martin-Nadaud.	232,19 (moyenne).	Station voûtée.	
Place Gambetta } arr. } dép.		— —	

Il ressort des chiffres de ce tableau que l'espacement moyen des stations de la ligne n° 3 est de 437,78 m. ; on sait qu'il est de 625 mètres environ pour la ligne « Vincennes-Maillet », de 511 mètres pour la ligne circulaire Nord, et de 494 mètres pour la ligne circulaire Sud. Encore le chiffre de 437,78 m. n'est-il obtenu qu'en

raison de l'intervalle considérable qui a dû être adopté entre les stations « Place de la République » et « Avenue Parmentier » (passage sous le canal Saint-Martin) et entre les stations « Père-Lachaise » et « Place Martin-Nadaud » ; il tombe à moins de 365 mètres pour les stations du centre, entre la gare Saint-Lazare et la rue du Temple.

Cette distance minimale est évidemment une gêne pour la rapidité des trains ; mais les emplacements des stations et, par suite, leurs intervalles, étaient ici absolument commandés par le nombre et l'importance des points d'affluence qu'il était indispensable de desservir.

Toutes les stations sont formées de deux quais parallèles de 4,10 m. de largeur et 75 mètres de longueur, sauf celle de la « Place Gambetta » qui est analogue aux stations terminus de la ligne n° 1 ; elle comprend, comme celles-ci, deux stations séparées, l'une pour l'arrivée, l'autre pour le départ, avec un quai central unique de 4,10 m. de largeur.

Les parements intérieurs des stations (piédroits des stations à plancher métallique, culées et intrados des stations voûtées), sont recouverts d'un revêtement de carreaux en grès émaillé blancs d'un grand pouvoir réfléchissant, identiques à ceux des stations des lignes en exploitation.

a. *Stations voûtées.* — Les stations voûtées de la ligne n° 3 sont absolument identiques à celles de même nature déjà décrites à l'occasion des lignes précédentes. On a vu que pour ces dernières, la montée de la voûte, qui était de 3,50 m. sur la ligne n° 1, a été portée à 3,70, m. la largeur totale en œuvre, au niveau des naissances, restant fixée à 14,14 m.

b. *Stations à plancher métallique sous chaussée.* — Toutes les stations à plancher métallique de la ligne n° 3 sont situées sous chaussée ; les fers ont été, naturellement, calculés en conséquence. Il peut être intéressant de rapprocher la description ci-après de celle d'une station à plancher métallique située sous contre-allée où les surcharges à prévoir sont bien moins considérables¹.

¹ Voir Tome I, ch. III, § IV, 2°.

Le type adopté primitivement pour la ligne n° 1 a subi, notamment dans les dispositions des fers du tablier, quelques modifications assez importantes.

Les dimensions générales essentielles : longueur 75 mètres, largeur en œuvre 13,50 m., ont été maintenues. Les piédroits ont 1,50 m. d'épaisseur sur 3,60 m. de hauteur minimum, puis des épaisseurs décroissantes jusqu'à leur partie supérieure. Sous l'about de chaque poutre est placé un sommier en pierre de Souppes de 1,60 m. de longueur, 0,91 m. de largeur et 0,40 m. d'épaisseur. Entre les sommiers, le parement du piédroit est abattu à 45°, l'arête étant constituée par un bandeau de moellons de pierre d'Euville de forme pentagonale inscriptible dans un carré de 0,30 m. de côté. Le radier, également en maçonnerie de ciment, a 0,50 m. d'épaisseur ; son point le plus bas est à 0,70 m. en contrebas du niveau des rails.

Les quais et murs pignons affectent les mêmes dispositions que dans les stations voûtées.

Le plancher métallique est constitué par des poutres maîtresses normales à l'axe de la voie, réunies par des longerons et reposant sur les sommiers par l'intermédiaire de sabots en fonte avec plaque de plomb interposée.

Chaque poutre maîtresse est formée de deux poutres jumelles espacées de 0,70 m. d'axe en axe, de 13,50 m. de portée, et de 14,50 m. de longueur totale ; chacune des poutres jumelles est constituée par une âme de 950×10 , quatre cornières de $\frac{100 \times 100}{41}$ et par deux ou plusieurs semelles de 400×9 ; au droit de chaque longeron, les deux poutres jumelées sont réunies par des diaphragmes de 9 millimètres d'épaisseur régissant sur toute la hauteur de l'âme et reliées à celle-ci par des cornières de $\frac{90 \times 90}{40}$. A ses parties supérieure et inférieure chaque diaphragme est raidi par deux cornières de $\frac{80 \times 80}{9}$.

Les poutres maîtresses sont espacées de 5,27 m. d'axe en axe.

Les longerons sont composés d'une âme de 700×9 et de quatre cornières de $\frac{90 \times 90}{15}$; ils sont espacés de 1,93 m. d'axe en axe. Une tôle emboutie de 0,010 m. d'épaisseur est placée entre le dernier longeron et la partie supérieure du piédroit contigu.

Fig. 88 (Ech. 1/100). — Coupe transversale.

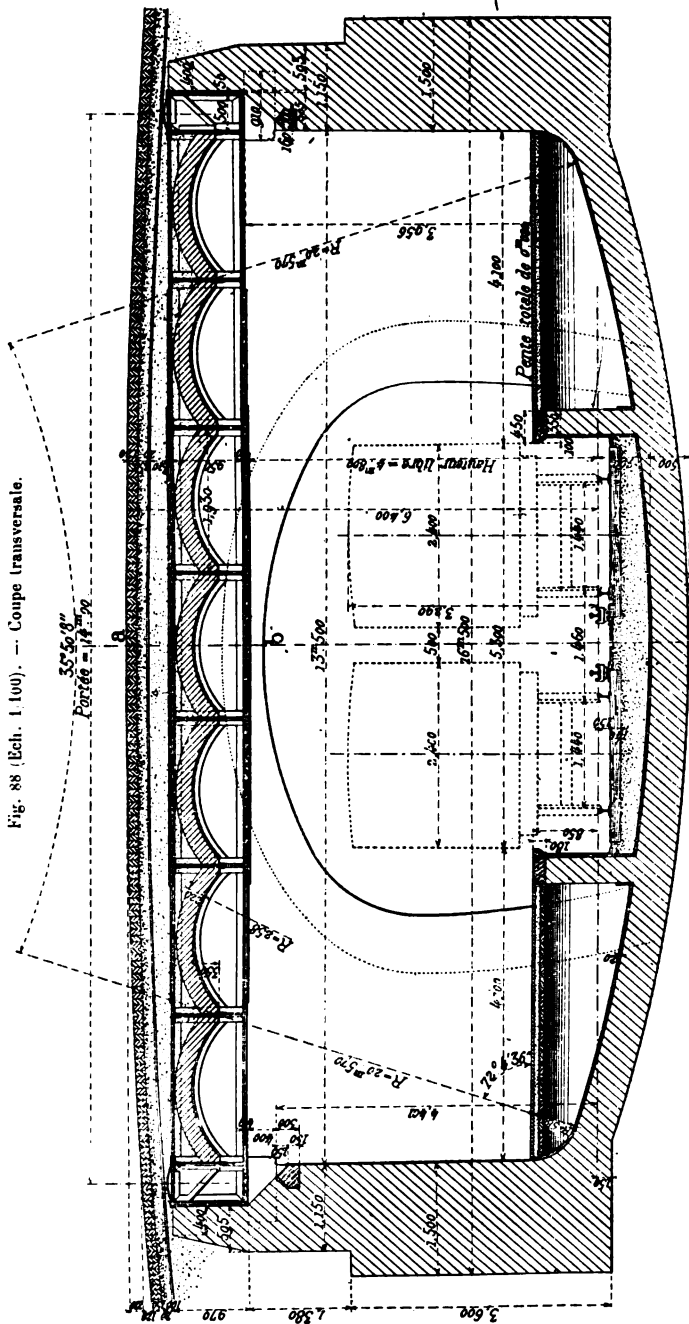


Fig. 89 (Ech. 1/100).
Section de la poutre
suivant ab
(fig. 3).

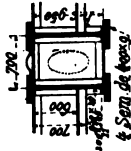


Fig. 90 (Ech. 1/1000). — Plan du tablier métallique.

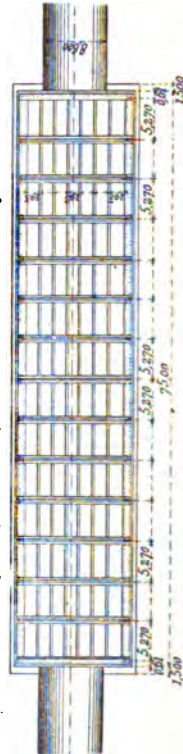


Fig. 91 (Ech. 1/1000). — Coupe horizontale au-dessous du tablier.

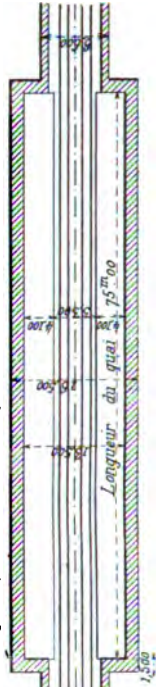


Fig. 88 à 91. — Station avec plancher métallique sous chaussée.

Entre les longerons sont établies des voûtes en briques de 0,22 m. d'épaisseur et de 0,35 m. de flèche, s'appuyant sur les cornières inférieures de ces longerons.

Les voûtelettes supportent une première couche de béton au

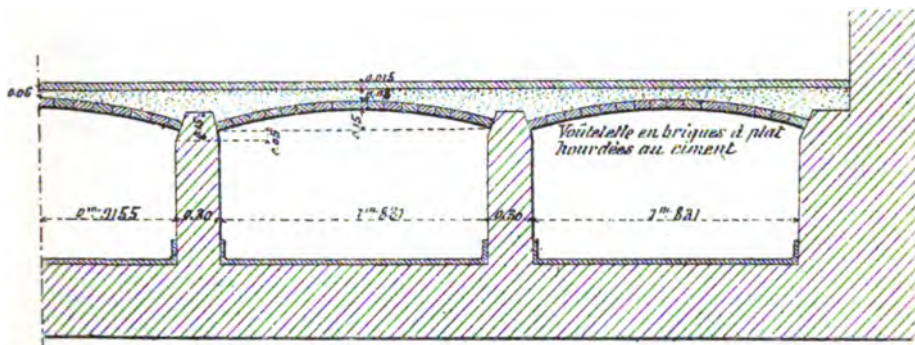


Fig. 92. — Coupe longitudinale d'un quai de station.

mortier de ciment de Portland ou de laitier surmontée d'une chape en ciment de Portland de 0,02 m. d'épaisseur recouvrant tout l'ouvrage ; elles sont en maçonnerie de briques hourdée au mortier de ciment de Portland ou de laitier.

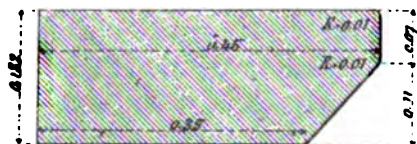


Fig. 93. — Coupe transversale d'une bordure de quai.

Les poutres du tablier et les voûtelettes offrent des surfaces mates qui ne sont pas de nature à réfléchir la lumière. Pour obvier à cet inconvénient et se rapprocher autant que possible de l'effet produit à ce point de vue par les carreaux de grès cérame émaillés employés pour les revêtements des stations voûtées, il avait été fait précédemment, à la station des « Champs-Élysées » (ligne n° 1), un essai de peinture au ripolin qui a donné de bons résultats. Ce procédé a été appliqué aux quatre stations à plancher métallique de la ligne n° 3. Les parties peintes au ripolin sont hors de la portée du public et, par suite, à l'abri des détériorations provenant de chocs ou de rayures. Les poutres ont reçu, en plus des deux cou-

ches de peinture, une couche de ripolin de ton vert clair ; les voûtelettes, recouvertes d'une première couche de peinture à l'huile, ont reçu ensuite deux couches de ripolin.

Toutes les parties métalliques du plancher sont en acier doux laminé avec rivets en acier.

Les figures 88 à 91 montrent l'ensemble de ces dispositions, les figures 92 et 93, qui donnent respectivement la coupe d'un quai et de la bordure, s'appliquent aux stations voûtées aussi bien qu'à celles à plancher métallique.

II. — DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE

a. *Sous-stations Barbès, Père-Lachaise et Opéra.* — La distribution de l'énergie électrique nécessaire pour l'exploitation des lignes circulaire Nord et n° 3 a exigé l'installation de trois nouvelles sous-stations dénommées, en raison de leur situation même, Barbès, Père-Lachaise et Opéra. Il a déjà, précédemment, été fait allusion aux deux premières qui, alors, n'étaient que projetées¹. La dernière, de création plus récente, a été plus spécialement construite à l'occasion de l'exécution de la ligne n° 3.

Les emplacements de ces ouvrages ont été choisis et leur puissance calculée de façon qu'ils pussent alimenter non seulement la ligne qui a motivé la construction de chacun d'eux, mais encore les lignes de croisement futures. C'est ainsi que la sous-station Barbès est appelée à desservir les lignes n°s 2 Nord et 4 ; la sous-station Père-Lachaise, les lignes n°s 2 Nord et 3 ; enfin, la sous-station Opéra, les lignes n°s 3, 7 et 8.

Comme les sous-stations de la place de l'Étoile et du Louvre², les nouvelles ont pour objet de transformer en courant continu à 600 volts le courant triphasé à haute tension (3 000 volts) qu'elles reçoivent soit de l'usine génératrice de Bercy, soit des usines étrangères (Moulineaux, Asnières) auxquelles la Compagnie du Chemin de fer Métropolitain empruntait alors provisoirement une partie du courant nécessaire à l'exploitation de ses lignes.

Sous-station Barbès. — Cette sous-station est établie sur un

¹ Tome I. chap. III, § VI.

² Tome I. chap. II, § V, 9°.

terrain situé au n° 38 de la rue de la Charbonnière (XVIII^e arrondissement); elle se compose, au moins pour le présent, d'un simple rez-de-chaussée surélevé sur sous-sol et comporte uniquement une salle des machines.

Construite pour recevoir 5 groupes de transformation de 750 kilowatts chacun, elle a été munie tout d'abord, pour desservir la ligne n° 2 Nord, de 3 de ces groupes. Le matériel électrique installé comprend :

- Trois tableaux primaires complets ;
- Trois groupes de transformation proprement dits ;
- Un groupe de démarrage avec transformateurs ;
- Un tableau secondaire complet ;

Chacun des tableaux primaires comprend : un disjoncteur automatique à maxima à haute tension avec relais ; les transformateurs d'intensité nécessaires pour les appareils de mesure et le disjoncteur automatique ; les transformateurs de potentiel avec coupe-circuits nécessaires pour voltmètre et mise en phase ; un voltmètre ; un ampèremètre ; un wattmètre indicateur ; un compteur ; enfin les fiches et lampes de synchronisation. Les appareils sont établis pour supporter en marche continue une surcharge de 33 p. 100, soit 1 000 kilowatts.

Chacun des groupes de transformation se compose d'une commutatrice, d'une puissance normale de 750 kilowatts, et de trois transformateurs monophasés d'une puissance normale unitaire de 270 kilowatts. Les commutatrices sont du type à six phases ; elles ont dix pôles, tournent à 300 tours par minute sous 25 périodes et sont bobinées pour 600 volts du côté continu ; les inducteurs sont excités en shunt. Les transformateurs ont une capacité normale de 270 kilowatts, 25 cycles par seconde, sous un potentiel de 5 000 à 5 500 volts ; ils donnent un potentiel du côté secondaire de 370 volts environ.

Le groupe de démarrage nécessaire à la mise en synchronisme des commutatrices se compose d'un moteur triphasé asynchrone accouplé à une dynamo à courant continu de 600 volts ; sa puissance est suffisante pour amener une commutatrice à sa vitesse normale en deux ou trois minutes. Le moteur est alimenté par transformateurs réducteurs de tension.

Le tableau secondaire a été établi pour recevoir les appareils nécessaires à cinq groupes de transformation : deux feeders de traction et le groupe de démarrage. Sur ces huit panneaux, trois panneaux de groupes de transformation, un panneau de feeder et le panneau du groupe de démarrage sont seuls pourvus de leurs appareils; les autres, réservés pour le complément d'installation qu'exigera la ligne n° 4, sont demeurés en blanc. Chacun des panneaux de groupe de transformation comporte : un disjoncteur automatique à maxima de 1 200 à 2 000 ampères — 600 volts; un interrupteur unipolaire à fiche de 1 500 ampères — 600 volts; un interrupteur unipolaire à double direction de 500 ampères — 600 volts; un ampèremètre continu de 2 000 ampères; un rhéostat de démarrage; un rhéostat de champ; les lampes de phase; une lampe d'éclairage; enfin les accessoires pour voltmètres. Le panneau de feeder comprend : un disjoncteur automatique à maxima de 3 000 ampères — 600 volts; un interrupteur unipolaire de 3 000 ampères — 600 volts; un ampèremètre de 3 000 ampères; un ampèremètre enregistreur de 3 000 ampères; un compteur Thomson de 2 500 ampères — 600 volts. Le panneau du groupe de démarrage comporte : un disjoncteur à maxima de 200 ampères; un interrupteur unipolaire à simple direction; un ampèremètre continu; un rhéostat de champ et un réceptacle pour fiche de voltmètre.

Les commutatrices et transformateurs ont été établis en vue des rendements commerciaux suivants avec un $\cos \varphi = 1$:

Pour les premières :	
	p. 100.
25 p. 100 de surcharge.	95
Pleine charge.	94,7
3/4 de charge.	93,8
1/2 charge	91,8
1/4 de charge	85,2
Pour les secondes :	
25 p. 100 de surcharge.	97
Pleine charge.	97,5
1/2 charge	96,5
1/4 de charge.	94

Sous-station Père-Lachaise. — Cette sous-station a été cons-

truite sur un terrain situé boulevard de Ménilmontant, n° 79, près du carrefour de l'avenue de la République. Établie d'abord pour alimenter la ligne circulaire Nord, elle comprenait un étage sur rez-de-chaussée et sous-sol, le rez-de-chaussée étant destiné à la salle des machines, l'étage devant recevoir une batterie d'accumulateurs dont l'objet sera expliqué plus loin. Ultérieurement, et en vue d'alimenter une partie de la ligne n° 3, la Compagnie concessionnaire a surélevé le bâtiment d'un étage afin de loger le complément de matériel nécessaire à cet effet. C'est la consistance finale de la sous-station qui va être exposée ici.

Le matériel électrique comprend sept groupes de transformation, avec tableaux primaires correspondants, un groupe survolteur avec transformateurs, un tableau secondaire complet et une batterie-tampon.

Les tableaux primaires sont identiques à ceux de la sous-station Barbès, de même que les groupes de transformation.

Le groupe survolteur, nécessaire à la surcharge et au réglage des accumulateurs, se compose d'un moteur triphasé asynchrone accouplé à une dynamo à courant continu de 150 volts et 300 ampères. Le moteur est alimenté par transformateurs réducteurs de tension. Les accumulateurs, dont il sera parlé ci-après, sont mis en connexion avec les commutatrices par une barre auxiliaire permettant d'effectuer le démarrage en dehors de la traction.

Le tableau secondaire, identique à celui de la sous-station Barbès en ce qui concerne les panneaux des groupes de transformation et le panneau de feeder, comporte un panneau pour la génératrice secondaire à 150 volts du groupe survolteur et un panneau d'éclairage.

Le premier comprend : un disjoncteur à maxima de 500 ampères ; un interrupteur unipolaire à double direction ; un interrupteur bipolaire à double direction ; un ampèremètre continu ; un rhéostat de champ et un réceptacle pour fiches de voltmètre.

Le second comprend : deux interrupteurs unipolaires de 200 ampères — 600 volts ; deux fusibles de 200 ampères — 600 volts ; un compteur de 300 ampères — 600 volts ; deux ampèremètres de 200 ampères ; un ampèremètre enregistreur de 300 ampères ; un voltmètre enregistreur de 0 à 750 volts.

La batterie-tampon a pour but de régulariser le débit des groupes de transformation en prenant les pointes soit à la charge, soit à la décharge, et à assurer l'éclairage d'une partie de la ligne n° 3 et ultérieurement d'autres lignes, pendant les heures d'interruption et en cas d'arrêt accidentel de l'usine desservant la partie correspondante des lignes en question. La batterie est maintenue en dérivation aux bornes des commutatrices ; un survolteur est intercalé en permanence dans le circuit de la batterie pour que celle-ci puisse intervenir automatiquement dans le sens et la proportion nécessaires ; comme tampon, elle peut fournir ou absorber, normalement et pendant vingt heures consécutives, des pointes de 2 000 ampères en charge ou décharge se succédant à des intervalles moyens de une minute, soit une demi-minute entre une charge et une décharge.

La tension normale des commutatrices étant de 580 à 600 volts, la batterie a été formée de 288 éléments correspondant à une tension d'équilibre de 2,07 volts par élément comprenant 31 plaques (15 positives et 16 négatives).

La capacité de la batterie comme réservoir a été fixée à 1 800, 2 000, 2 500 ou 3 000 ampères au régime de décharge en une, deux, trois ou quatre heures.

Le poids total de la batterie est de 364 tonnes environ, savoir :

Poids d'un élément :

Bacs	100 kg.
Plaques	670 —
Tubes	20 —
Dalles	55 —
Ressort et gouttières.	15 —
Connexions.	10 —
Electrolyte	370 —
Total	$1\ 240 \times 288 = 357\ 120$ kg.

Accessoires :

Isolateurs.	1 000 kg.
Connexions entre rangées	600 —
Chantiers.	5 500 —
	<u>7 100 kg.</u>
Poids total.	<u>364 220 kg.</u>

Le survolteur est à excitation compound ; l'excitation shunt permet d'équilibrer les tensions des commutatrices et de la bat-

terie et d'effectuer la surcharge de cette dernière ; cette excitation peut donner de 0 à 175 volts. L'excitation série est traversée par le courant de la batterie et peut produire + ou - 50 volts pour + ou - 2000 ampères ; un shunt de l'excitation série permet de régler sur place son influence.

La batterie a été établie en vue des rendements ci-après :

RÉGIME	RENDEMENTS	
	en quantité.	en énergie.
Tampon	0,92	0,83
Décharge en 1 heure à 1 800 ampères	0,87	0,70
— 2 — à 1 000 —	0,89	0,72
— 3 — à 883 —	0,90	0,74
— 4 — à 750 —	0,91	0,75

Les différentes rangées d'éléments sont reliées par des connexions de 1 200 millimètres carrés ; les bacs et chantiers sont en bois imprégnés, les isolateurs en porcelaine, les connexions en cuivre.

Sous-station Opéra. — Située rue Caumartin, n° 41, cette sous-station comporte un bâtiment élevé d'un étage sur rez-de-chaussée et sous-sol.

Elle est disposée pour recevoir cinq groupes de transformation pouvant atteindre une puissance totale de 5 000 kilowatts en courant triphasé, de façon à pouvoir alimenter, comme il a été dit plus haut, non seulement la ligne n° 3, mais encore les lignes n° 7 (Palais Royal-Place du Danube) et 8 (Auteuil-Opéra par Grenelle) ; actuellement, quatre de ces groupes seulement sont installés avec deux groupes de ventilation.

Le matériel comprend, en outre : un groupe survolteur, une batterie-tampon, enfin un pont roulant.

Chaque groupe de transformation, alimenté par un câble spécial, a une puissance nominale de 750 kilowatts pouvant sans inconvénient atteindre 1 000 kilowatts ; il se compose de :

Trois transformateurs monophasés de 250 kilowatts chacun, établis pour 5 000/430 volts et 25 périodes ; une commutatrice de

730 kilowatts, établie pour 600 volts continus, à excitation en simple dérivation.

Transformateurs et commutatrices sont disposés pour fonctionner à six phases. Les premiers sont du type à colonnes avec noyau cruciforme à évents et culasse supérieure démontable permettant le remplacement facile d'une bobine en cas d'avarie. Les secondes sont à dix pôles et tournent à 300 tours par minute sous 25 périodes. Les deux groupes de ventilation sont formés chacun d'un moteur triphasé avec accessoires, tournant à 730 tours, accouplé directement avec un ventilateur ; ces deux groupes peuvent suffire à desservir quinze transformateurs ; le moteur est établi pour fonctionner sous 220 volts et branché sur le transformateur du groupe survolteur :

Chaque groupe de transformation a été étudié en vue des rendements ci-après.

1/4 de charge	0,805
1/2 charge	0,875
3/4 de charge	0,90
Pleine charge	0,92
25 p. 100 de surcharge	0,915
50 p. 100 de surcharge	0,914

Le groupe survolteur se compose d'un socle commun au moteur et à la génératrice dont les induits sont calés sur le même arbre avec deux paliers seulement pour l'ensemble du groupe. La génératrice, à 12 pôles, est établie pour un courant normal en pointes de 2000 ampères et de 3 000 ampères en surcharge ; elle est à excitation compound. L'enroulement en dérivation, alimenté sous 600 volts, permet d'équilibrer la tension normale des commutatrices avec la tension de la batterie pendant le fonctionnement en tampon de celle-ci ; il permet en outre, à lui seul, d'obtenir aux bornes 175 volts pour la charge à fond sous un courant de 600 ampères.

La génératrice est pourvue de pôles auxiliaires permettant d'obtenir une marche sans étincelles nuisibles quel que soit le régime, avec un calage de balais constant. Le moteur, à 8 pôles et établi pour fonctionner sous 600 volts, est à excitation shunt ; la vitesse du groupe est de 400 tours par minute.

La batterie-tampon sert aux mêmes fins que celle de la sous-

station Père-Lachaise ; elle est de composition à peu près identique, sauf sur les quelques points de détail ci-après :

Comme réservoir, la batterie a les capacités ci-après : 1 800, 2 000, 2 500 ou 2 800 ampères-heures aux régimes de décharge en une, deux, trois ou quatre heures. En temps normal, on n'utilise qu'une capacité de 1 000 ampères-heures au régime de décharge en quatre heures.

Chaque élément comprend 63 plaques (32 positives et 33 négatives) de 0,35 m. \times 0,300 m. sur 0,042 m. d'épaisseur.

Les bacs, en sapin imprégné et doublés de feuilles de plomb soudées, ont 1,90 m. de longueur, 0,448 m. de largeur et 0,598 m. de hauteur ; ils pèsent 150 kilogrammes.

Le poids d'un élément est de 1 044 kg., savoir :

Bacs	150 kg.
Plaques	509 —
Tubes et dalles.	47 —
Connexions	40 —
Electrolyte.	325 —
Ensemble	<u>1 044 kg.</u>

Ce qui, pour les 228 éléments, représente . . . 299 808 kg.

Le poids des accessoires est de :

Isolateurs.	2 000 kg.
Connexions	350 —
Chantiers.	<u>7 000 —</u>
Ensemble.	9 350 kg.
Poids total de la batterie.	309 158 kg.

Les éléments sont supportés par des isolateurs reposant sur des chantiers reposant eux-mêmes sur d'autres isolateurs montés sur des murettes en briques ; ils sont reliés entre eux par des connexions à soudures autogènes et les différentes rangées par des barres en cuivre de 4200 millimètres carrés.

Les isolateurs des bacs sont en verre, ceux des chantiers en porcelaine ; ces derniers sont en sapin imprégné.

Les rendements de la batterie sont les suivants :

RÉGIME	RENDEMENTS	
	en quantité.	en énergie.
Tampon	0,90	0,81
Décharge en 1 heure à 1 800 ampères	0,87	0,73
— 2 — à 1 000 —	0,89	0,74
— 3 — à 833 —	0,90	0,75
— 4 — à 700 —	0,91	0,76

b. *Puissance à prévoir.* — Au début de son exploitation, l'horaire de la ligne n° 3 comportait, aux heures les plus chargées, vingt trains de huit voitures par heure; mais l'alimentation électrique a été calculée immédiatement pour un régime de vingt-quatre trains par heure, de façon que ce régime puisse être établi par une simple augmentation du matériel roulant. (C'est d'ailleurs ainsi qu'il avait été fait pour les premières lignes exploitées.) Ce régime dépense 360 kilowatts par kilomètre en courant triphasé pour la traction.

L'éclairage, réparti sur les mêmes bases que sur les autres lignes, exigeait pour l'ensemble de la ligne n° 3, et d'après un calcul fait directement, 227 kilowatts.

Enfin, l'atelier que la Compagnie du Chemin de fer Métropolitain a installé à proximité du terminus Gambetta (atelier dit de Saint-Fargeau, du nom du quartier où il est construit), devait consommer environ 228 kilowatts.

D'après ces données, la puissance à prévoir en courant triphasé pour assurer l'exploitation de la ligne n° 3 devait atteindre environ :

Traction	7,9 km. × 360 =	2 844 kw.
Eclairage		227 —
Atelier de Saint-Fargeau		228 —
Ensemble		<u>3 299 kw.</u>

soit 3 300 kilowatts en nombre rond.

Cette puissance, fournie en triphasé par l'usine génératrice de Bercy, est transformée en courant continu, d'après la répartition ci-après, dans les sous-stations Père-Lachaise et Opéra, dont la description précède.

SOUS-STATIONS	ZONES D'ACTION	DÉBITS EN KW.	
		partiels.	totaux.
« Opéra »	Vers le bd de Courcelles 2 200 m.	855	} 4 750
	Vers le Père-Lachaise 2 300 —	895	
« Père Lachaise »	Vers l'Opéra 2 300 —	895	} 4 550
	Vers Ménilmontant 1 100 —	655	

c. *Distribution en courant triphasé.* — La distribution de l'énergie en courant triphasé aux sous-stations de transformation est assurée de la manière suivante.

A chaque groupe de transformation correspond un câble à trois conducteurs $3 \times 90 \text{ mm}^2$ supportant par conséquent un débit de un ampère par millimètre carré avec $\cos \varphi = 0,95$, pour le fonctionnement normal à 750 kilowatts.

L'usine de Bercy est ainsi reliée aux sous-stations Opéra et Père-Lachaise. Les câbles aboutissant à la première de celles-ci sont branchés sur les deux câbles, chacun de $3 \times 180 \text{ mm}^2$, qui relie l'usine de Bercy à la sous-station de l'Étoile en suivant le souterrain de la ligne n° 1, lesquels ayant une capacité totale de 3000 kilowatts et n'alimentant que la sous-station du Louvre qui ne demande pas plus de 1 200 kilowatts, offriraient une capacité disponible suffisante pour envoyer à la sous-station Opéra la puissance de 4 750 kilowatts demandée.

d. *Distribution en courant continu pour la traction.* — Le courant continu pour la traction est amené des sous-stations à la voie au moyen de feeders en cuivre.

D'après les longueurs de zones d'action de part et d'autre de chaque sous-station et la fréquentation admise, le service d'alimentation en courant continu est réparti, au maximum à un moment donné, comme suit (la consommation moyenne d'un train de huit voitures a été trouvée de 200 ampères, par expérience directe) :

Sous-station « Opéra » : 11 trains, ce qui correspond à. 2 200 ampères ;
 Sous-station (8 trains 1 600 amp.) 1 960 --
 « Père-Lachaise » (atelier 369 —)

D'après la formule de Lord Kelvin, au cours du cuivre lors de

l'établissement du projet de distribution, la densité de courant la plus économique était de 0,63 ampère par millimètre carré. On a donc donné aux feeders, tant positifs que négatifs, reliant les sous-stations aux rails, les sections suivantes :

$$\text{Opéra } \frac{2\ 200}{0,63} = 3\ 490, \text{ soit } 3\ 500 \text{ mm}^2$$

$$\text{Père Lachaise } \frac{1\ 960}{0,63} = 3\ 100, \text{ soit } 3\ 000 \text{ mm}^2$$

La distribution de l'énergie en courant continu pour la traction se fait sur la voie par deux rails en acier doux, un pour chaque voie, comme sur les premières lignes. La section de chaque rail est de 6500 mm².

D'après les longueurs des zones d'action des sous-stations et l'écartement moyen des trains, le nombre de ces derniers pouvant se trouver dans une même zone d'action, sur les deux voies d'un seul côté d'une sous-station, peut s'élever à six au maximum, ce qui donne un débit maximum de 1200 ampères aux points les plus chargés. Il s'ensuit que la densité du courant peut atteindre au maximum :

$$\frac{1\ 200}{13\ 000} = 0,092 \text{ dans les rails C (acier doux).}$$

$$\frac{1\ 200}{26\ 000} = 0,046 \text{ dans les rails R (acier dur).}$$

Il a été reconnu, dans le calcul d'alimentation électrique de la ligne n° 2 Nord, où le même débit maximum peut être atteint, que la densité de 0,092 trouvée ci-dessus dans l'acier doux est supérieure à la densité la plus économique ; mais il a été établi également qu'il n'y aurait pas avantage à établir des feeders positifs en cuivre pour subvenir à l'excédent d'ampérage des rails C. Quant à la densité de 0,046 elle est inférieure à la densité la plus économique dans l'acier dur. Ces deux conclusions subsistaient pour la ligne n° 3.

Les sections des éclissages en cuivre reliant les rails entre eux, calculées de manière à assurer à chaque joint une conductance équivalente à celle des rails eux-mêmes, auraient dû être de :

Rails C (acier doux)	860 mm ²
Rails R (acier dur)	617 —

En fait, on a adopté des sections d'éclissage un peu supérieures afin que les joints ne constituent pas des points plus résistants de la voie, savoir :

Pour les rails C.	900 mm ²
Pour les rails R.	700 —

D'ailleurs, comme on le verra plus loin (pose des voies), la plupart des joints de rails C ont été soudés.

On a déterminé directement la résistance kilométrique effective de la voie de la ligne n° 2 Nord. Comme la voie de la ligne n° 3 devait être constituée de la même manière, tant en rails de roulement qu'en rails de courant, on a admis que la résistance kilométrique y serait la même, soit 0,029. D'après cette base, on a trouvé que la perte de voltage maximum, à l'extrémité de la section la plus chargée, pouvait atteindre sur la ligne n° 3, 40 volts se décomposant en 23 volts pour le positif et 17 volts pour le négatif, soit une chute maximum par kilomètre de 10 volts pour le positif et de 7,4 volts pour le négatif.

e. Distribution en courant continu pour l'éclairage. — L'éclairage de la ligne n° 3 et de ses stations a été réparti d'après les mêmes données que celui des lignes précédentes.

Il consomme une puissance totale en courant triphasé de 227 kilowatts, dont 104 dans la zone d'action de la sous-station Opéra et 123 dans celle de la sous-station Père-Lachaise.

Les circuits d'éclairage sont indépendants des circuits de traction et sont branchés sur les batteries-tampons des sous-stations. Comme on l'a vu plus haut, la capacité de ces batteries a été calculée de façon à alimenter l'éclairage pendant les quatre heures d'interruption de service de chaque nuit, le débit des usines productrices d'énergie étant alors suspendu ; cette capacité est de 400 ampères-heure pour chacune.

La canalisation d'éclairage comprend deux circuits distincts et indépendants, alimentant séparément chacun des deux côtés de la ligne.

Chacune des canalisations d'éclairage a été calculée de manière que le voltage ne soit, en aucun point des feeders positifs, inférieur

à 550 volts, ce qui assure à chaque lampe une différence de voltage de 110 volts, les lampes étant groupées par cinq en séries.

Les sections des feeders ont été déterminées en conséquence, par la condition que la perte de voltage maximum ne dépasse pas 50 volts sur le circuit total, étant admis que le voltage de distribution ne descend pas au-dessous de 600 volts à l'origine des feeders. On a trouvé ainsi qu'il faudrait donner à chaque feeder les sections suivantes, dans les différentes régions de la ligne :

Du terminus Monceau à la sous-station « Opéra »	30 mm ²
Entre les sous-stations « Opéra » et « Père-Lachaise »	28 --
De la sous-station « Père-Lachaise » au terminus Gambetta	28 —

En fait, à raison de l'intensité plus grande qu'on donne à l'éclairage dans les terminus pour la visite des voitures, et en vue des besoins éventuels des ateliers de Saint-Fargeau pendant la nuit, on a porté la section de chaque feeder à 40 millimètres carrés dans la partie Monceau-Opéra, à 30 millimètres carrés dans la partie Opéra-Père-Lachaise, à 80 millimètres carrés entre Père-Lachaise et les ateliers, à 40 millimètres carrés dans la branche du terminus située sous l'avenue Gambetta.

Enfin, en vue de pouvoir utiliser éventuellement la canalisation d'éclairage à la traction pour les travaux d'entretien pendant l'arrêt du service, un des feeders positifs est un fil de trolley de 0,009 m. de diamètre (63 millimètres carrés de section).

D'après ces données, la densité du courant doit atteindre au maximum 1,4 ampère par millimètre carré dans le feeder le plus chargé des canalisations d'éclairage ; la densité moyenne dans chaque feeder devait ainsi différer peu de la densité la plus économique, 0,63.

Pour compléter les indications qui précèdent, nous donnons les dessins ci-après :

Figure 94. Schéma général de la distribution électrique.

Figure 1 à 3 (pl. XXXVIII). Profils-types de la pose des canalisations :

1. En souterrain.
2. Au passage d'une station voûtée.

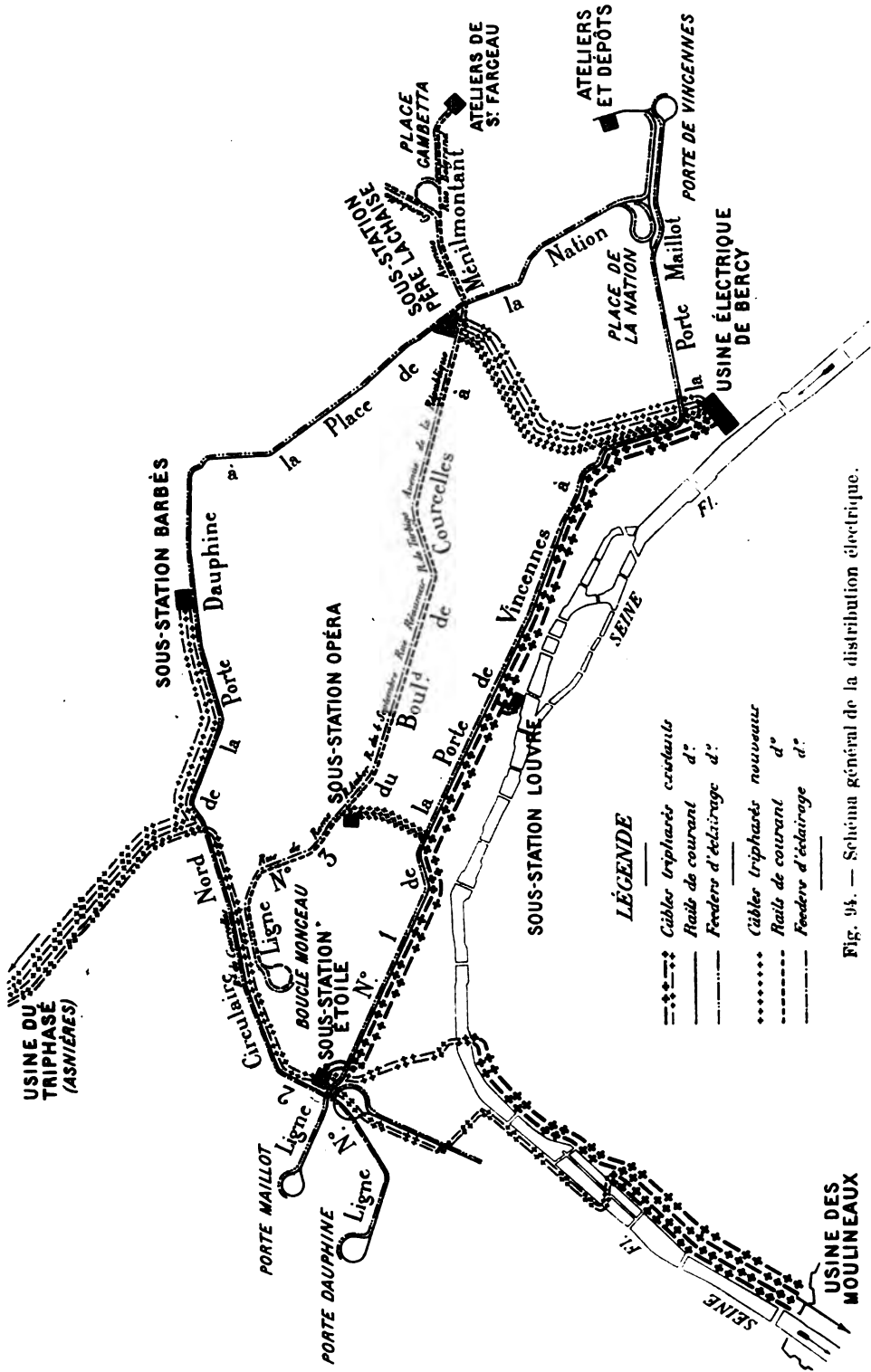


Fig. 94. — Schéma général de la distribution électrique.

3. Au passage d'une station à tablier métallique.

Figure 95. Schéma des feeders d'éclairage.

Enfin, nous ajouterons, à titre de renseignement spécial, quelques mots sur la composition de différents câbles isolés entrant dans la canalisation d'éclairage de secours dont il est parlé plus loin.

1° Câbles de 250 millimètres carrés de section : — cuivre étamé haute conductibilité, une couche caoutchouc naturel, deux couches

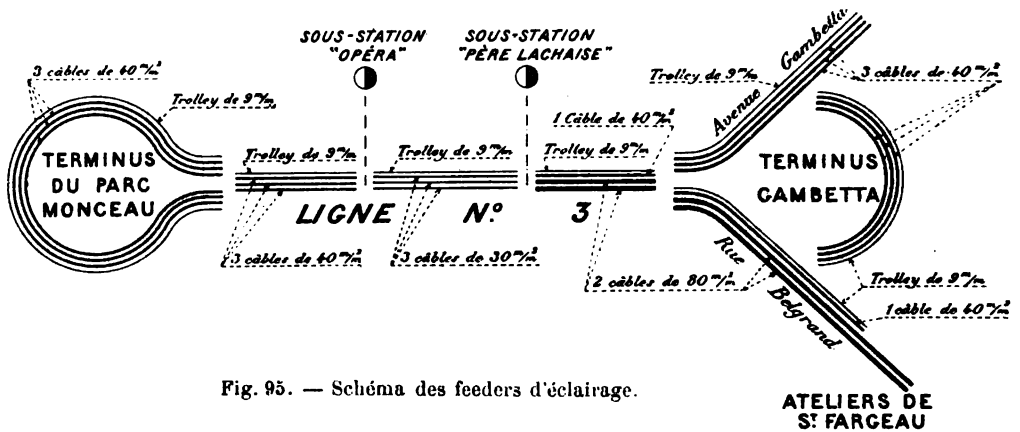


Fig. 95. — Schéma des feeders d'éclairage.

caoutchouc vulcanisé, deux rubans caoutchoutés, jute tanné, une armature de deux rubans de fer, deux filins goudronnés et enduit.

2° Câbles de 250 millimètres carrés de section : — cuivre étamé haute conductibilité, une couche caoutchouc naturel, deux couches caoutchouc vulcanisé, deux rubans caoutchoutés, tresse et enduit.

3° Câbles de diverses sections. — Cuivre étamé haute conductibilité, une couche caoutchouc naturel, deux couches caoutchouc vulcanisé, deux rubans caoutchoutés, enduit noir.

III. — ÉCLAIRAGE NORMAL ET ÉCLAIRAGE DE SECOURS

a. *Éclairage normal.* — L'éclairage adopté pour la ligne n° 3 est, en principe, analogue à celui qui a été réalisé pour les lignes n° 1 et circulaire Nord. Nous ajouterons donc seulement quelques indications sur divers points particuliers.

Chaque signal est éclairé par une lampe à incandescence mise en série soit avec quatre lampes du tunnel courant, soit avec celles d'un pignon de station; il y a, en outre, dans chaque signal une série de cinq lampes comme éclairage de secours.

Les accès de toutes les stations sont éclairés par des lampes à incandescence de seize bougies dont l'emplacement a été déterminé de façon que l'intensité lumineuse fût la même que celle qui existait sur les lignes précédentes aux endroits analogues.

Aux abords de chaque appareil de changement de voies, sont placées cinq lampes supplémentaires, à 5 mètres l'une de l'autre.

Les boucles et voies de garage des terminus sont éclairées par des lampes de dix bougies placées tous les 10 mètres en quinconce; ces lampes sont à la hauteur normale le long des voies sur ballast, à la hauteur des essieux des voitures le long des voies sur fosses de visite.

Pour l'éclairage de ces fosses, des prises de courant ont été placées tous les 6 mètres sur les longrines de l'une des files de rails.

On a vu plus haut (distribution électrique) que l'alimentation de l'éclairage était assurée par deux canalisations indépendantes alimentant chacune un côté de la ligne de telle sorte que, en cas d'accident à l'une d'elles, un des côtés du tunnel restât toujours éclairé.

Les feeders sont sectionnés, de chaque côté des stations, par des interrupteurs à barrette; l'extinction de la moitié d'un côté du tunnel compris entre deux stations et celle d'un demi-quai sont commandées d'un seul point situé à portée des agents.

D'après ces données, la spécification des canalisations de l'éclairage normal a été déterminée comme suit :

A. Câbles principaux nus.

Entre le terminus Monceau et la sous-station Opéra :

Au positif.	{ Un fil de trolley de 63 mm ² .
	{ Un câble de 40 mm ² .
Au négatif.	— Deux câbles de 40 mm ² .

Entre les sous-stations Opéra et Père-Lachaise :

Au positif. { Un fil de trolley de 63 mm².
 { Un câble de 30 mm².
 Au négatif. — Deux câbles de 30 mm².

Entre la sous-station Père-Lachaise et les ateliers de Saint-Fargeau :

Au positif. { Un fil de trolley de 63 mm².
 { Un câble de 80 mm².
 Au négatif. { Un câble de 40 mm².
 { Un câble de 80 mm².

Dans la boucle et dans la branche Gambetta :

Au positif. { Un fil de trolley de 63 mm².
 { Un câble de 40 mm².
 Au négatif. — Deux câbles de 40 mm².

B. Fils communs dans le tunnel. — Nus 20/10.

C. Fils série dans le tunnel. — Nus 16/10.

D. Fils de dérivation des câbles principaux aux tableaux.
 — Isolés 40/10.

E. Fils de dérivation dans les stations et accès. — Isolés 20/10.

F. Fils série dans les stations et accès. — Isolés 12/10.

b. *Éclairage de secours.* — A la suite de la catastrophe du 10 août 1903, il a été prescrit à la Compagnie du Chemin de fer Métropolitain, de prendre diverses mesures destinées à assurer la sécurité du public en cas d'accident ou de panique : éclairage de secours, postes d'incendie, avertisseurs d'alarme, sorties supplémentaires aux stations, etc.

L'éclairage de secours est alimenté, au moyen d'une canalisation spéciale à l'abri de tout accident, par les batteries-tampons des sous-stations Opéra et Père-Lachaise ; ces batteries sont placées en parallèle sur la canalisation et, par conséquent, peuvent se suppléer mutuellement en cas d'avarie à l'une d'elles. Un commutateur permet même d'assurer l'éclairage de secours en cas de destruction totale des tableaux des sous-stations.

Cet éclairage comprend, en principe :

1° Pour les stations : une inscription lumineuse du mot « Sortie » au-dessus du débouché de chaque escalier sur les quais, toutes les

lampes d'un quai, les lampes situées à la tête du souterrain courant à chaque extrémité de station, et toutes les lampes des accès ;

2° Pour le tunnel courant, toutes les lampes situées d'un même côté.

La canalisation spéciale se compose : pour les feeders principaux, de câbles armés placés dans un caniveau ignifugé noyé dans le ballast ; pour les dérivations et séries du tunnel et des stations, de fils sous caoutchouc posés dans des tubes métalliques encastrés dans la maçonnerie ; enfin pour les dérivations et séries des accès, de fils sous caoutchouc posés sur serre-fils en porcelaine.

Des boîtes de coupure sont placées sur les feeders principaux de secours à raison de deux par station, en des points à l'abri des accidents tout en restant à la portée des agents du quai.

La figure 96 donne le schéma des connexions de la canalisation de secours ; la figure 4 (pl. XXXVIII) indique le profil de pose dans le souterrain courant.

c. Signaux de sécurité. — Le système de signaux de la ligne n° 3 est identique à celui de la ligne circulaire Nord. Il suffira donc de donner ici quelques renseignements pour rappeler, en les précisant, les principes du système :

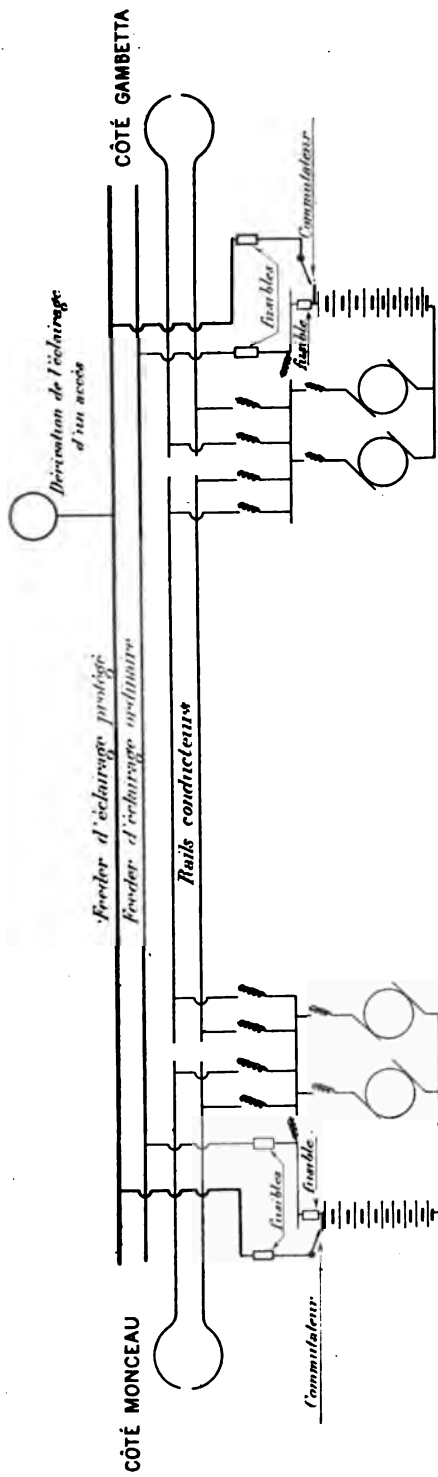
1° Un train est toujours couvert par deux signaux rouges à l'arrière.

2° Un signal est normalement au rouge et ne peut se mettre au blanc que sous deux actions successives : *a.* Celle du train qui l'a déjà franchi et qui le débloque à la distance adoptée du deuxième signal en avant ; *b.* Celle du train qui va le franchir et qui agit par la pédale immédiatement en arrière.

3° Un train qui franchit un signal au rouge n'influe pas sur le fonctionnement des débloquentes en arrière ; mais il s'agit sur un appareil contrôleur consistant en une sonnerie qui se fait entendre à la station où il arrive après le signal franchi à tort.

4° La manœuvre d'arrêt de cette sonnerie, faite par le chef de gare après constatation de la faute, n'exerce aucune action sur le fonctionnement des signaux.

La figure 97 donne le schéma général d'emplacements des signaux de la ligne n° 3.

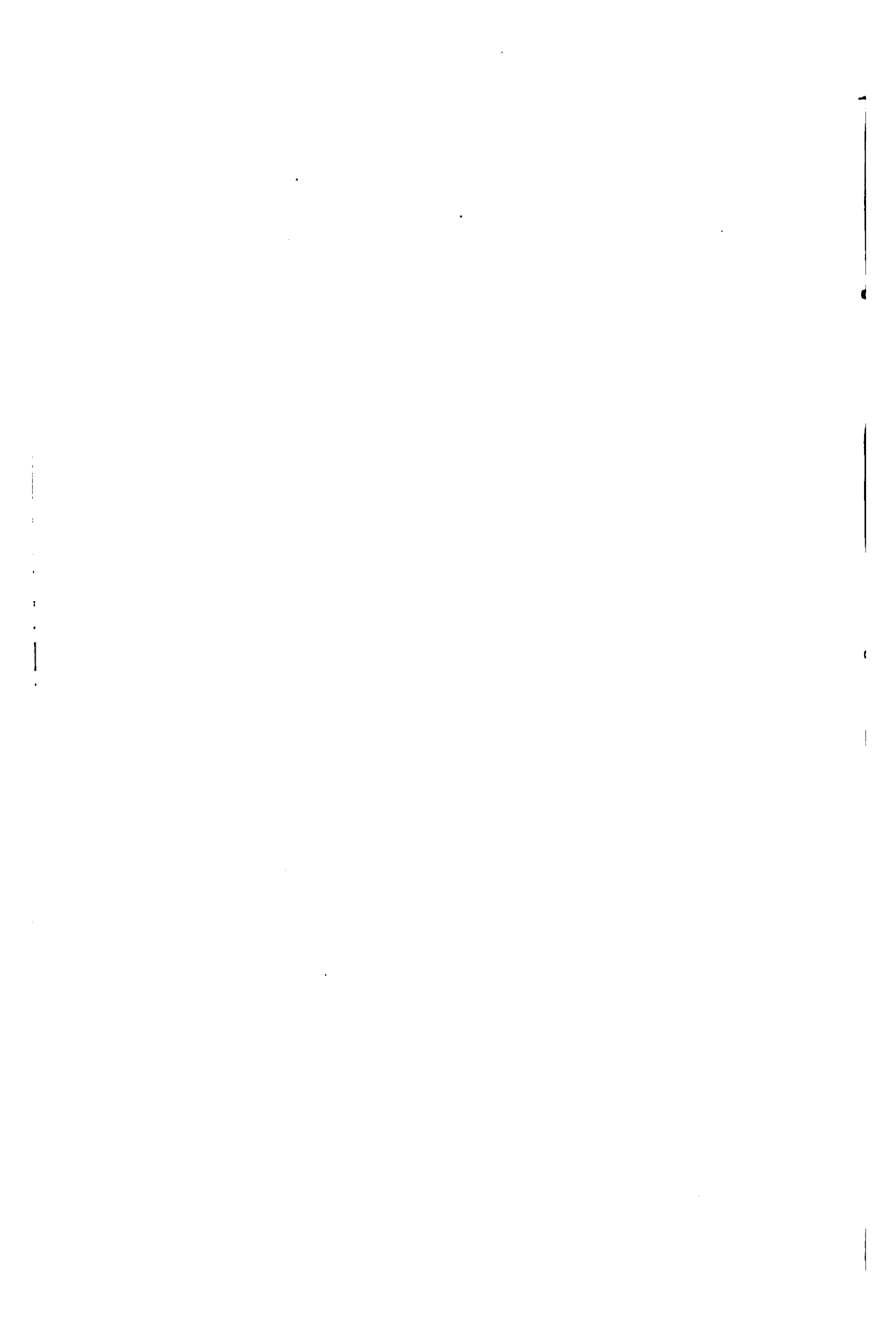


SOUS-STATION "OPÉRA"

SOUS-STATION "PÈRE LACHAISE"

Fig. 96. — Éclairage de secours. Schéma des connexions de la ligne.

HE



La planche XXXIX montre le détail du circuit de signalisation à voie fermée avec contrôleurs de signaux franchis au rouge ; cette planche peut servir de complément aux explications données précédemment à l'occasion des signaux de la ligne circulaire Nord (tome I, p. 193, §§ 2 et suivants).

d. *Téléphone.* — Le réseau téléphonique de la ligne n° 3 comprend (fig. 98).

1° Une ligne directe de la station Avenue de Villiers à la station Place Gambetta (départ) ;

2° Une ligne de postes omnibus de station à station ;

3° Une ligne de postes Dardeau permettant aux stations les plus importantes de communiquer entre elles et avec le service central, dont les bureaux sont situés à l'usine génératrice de Bercy. Ces stations sont les suivantes : Avenue de Villiers, Gare Saint-Lazare, Opéra, La Bourse, Boulevard de Sébastopol-Rue Réaumur, Place de la République, Père-Lachaise, Place Gambetta (départ). Cette ligne est reliée à celle des postes Dardeau de la ligne circulaire Nord au moyen d'un poste d'intercommunication situé à la station Père-Lachaise ;

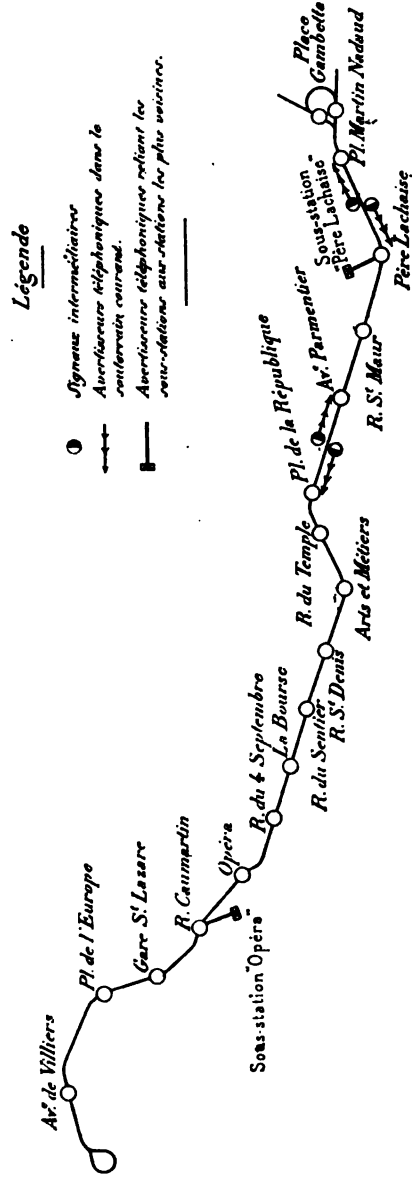


Fig. 99. — Schéma d'emplacement des avertisseurs d'alarme.

4° Un poste Dardeau placé dans la sous-station Opéra et relié au réseau général des postes Dardeau des sous-stations.

Chaque poste téléphonique comprend : un microphone Bailleux avec récepteurs Ader, une sonnerie du type de celles de l'Administration des Postes et Télégraphes, et un annonciateur pour chaque direction desservie.

Chaque conducteur est composé d'un fil en cuivre rouge étamé haute conductibilité, de 0,004 m. de diamètre, une couche de caoutchouc naturel, une couche de caoutchouc vulcanisé, un ruban enduit, un guipage coton.

Les câbles sont à cinq paires depuis la station Avenue de Villiers jusqu'à la sous-station Opéra, et à six paires depuis ce point jusqu'à la station Place Gambetta ; sur toute la ligne, il y a dans ces câbles deux paires en attente.

Chaque paire comprend un fil noir et un fil de couleur ; ce dernier est de même nuance que le guipage qui recouvre la paire dont il fait partie : c'est-à-dire qu'une paire recouverte de coton rouge se compose d'un fil rouge et d'un fil noir, etc.

Les fils d'une même paire sont câblés ensemble au pas de 0,20 m. ; les paires sont ensuite câblées entre elles au pas de 0,30 m. ; le câble ainsi formé est recouvert d'un ruban tanné et d'un tube de plomb de 0,002 m. d'épaisseur.

e. *Avertisseurs d'alarme.* — L'installation des avertisseurs d'alarme (fig. 99) comprend les dispositifs suivants :

1° Un système permettant l'ouverture automatique des disjoncteurs des sous-stations, avec sonneries annonciatrices de disjonction (fig. 100) ;

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

3° Des postes téléphoniques reliant chaque sous-station électrique à la station la plus voisine.

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

Dans les centres d'alimentation, des relais avec piles et sonneries (fig. 6 à 8, pl. XXXVIII) ;

TERMINUS
CAMBETTA

TERMINUS
MONCEAU

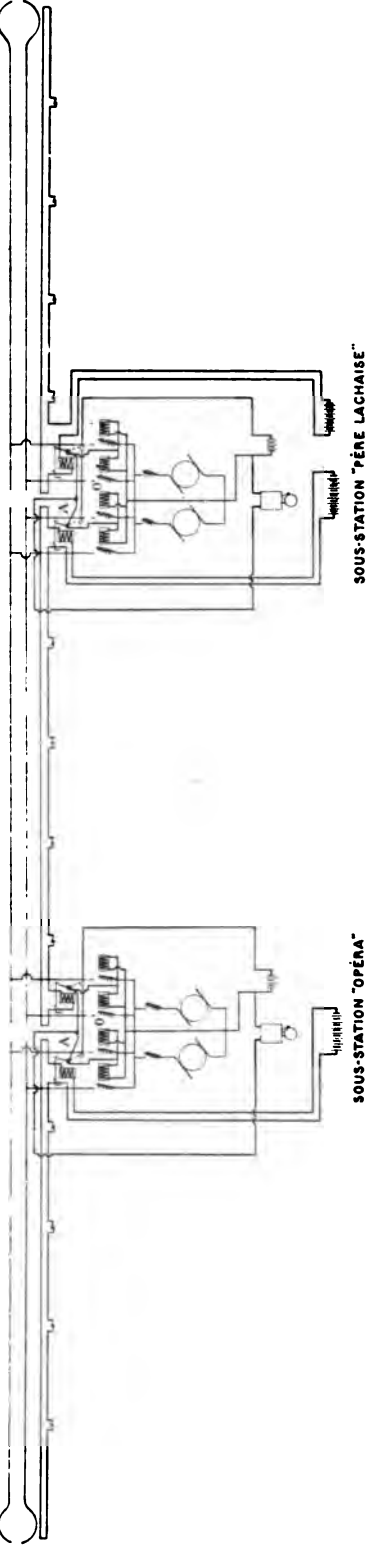
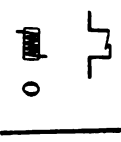


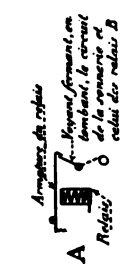
Fig. 100. — Schéma de manœuvre des disjoncteurs à distance.

Relais ouvrant les disjoncteurs
(à circuit normalement ouvert)

Interrupteur de voie

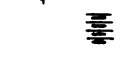


Relais de la sonnerie d'appel
(à circuit normalement fermé)



Légende

— Pile



Arrivée des rails
A Relais
B

Relais fermant le circuit de la sonnerie C

Sur la voie, des boutons ordinaires de sonneries placés dans des boîtes en fonte plombées, avec couvercle en verre.

Les boîtes sont distribuées à raison de une par station et une tous les 100 mètres en souterrain courant.

Les postes téléphoniques placés dans le tunnel et reliés aux stations sont du système Bailleux avec sonneries d'appel ; ils sont installés près des signaux intermédiaires et enfermés dans des boîtes en tôle. Sur la ligne n° 3, ces postes sont au nombre de quatre ; savoir (fig. 99) :

Deux entre les stations « Place de la République » et « Avenue Parmentier » ; ils sont, par suite, reliés l'un avec la première, l'autre avec la seconde ;

Deux entre les stations « Père-Lachaise » et « Place Martin-Nadaud ».

Le conducteur d'un train en détresse peut ainsi appeler le chef de station et inversement.

Les postes téléphoniques reliant respectivement les sous-stations « Opéra » et « Père-Lachaise » aux stations les plus voisines, « Rue Caumartin » et « Père-Lachaise », sont du système Dardeau avec sonneries d'appel.

Comme complément aux indications sommaires qui précèdent, nous donnons :

Figure 100. — Un schéma de manœuvre des disjoncteurs à distance avec annonciateur de disjonction.

Figure 5 (pl. XXXVIII). — Un schéma de fonctionnement du système. Le circuit du relais A étant normalement fermé, l'armature C est constamment attirée et maintient relevé le voyant D ; si ce courant vient à être coupé, au moyen d'un bouton E par exemple, le ressort antagoniste H n'étant plus contre-balancé par l'action de l'électro, fait pivoter l'armature C autour de son axe I et celle-ci, en se relevant, dégage le voyant D ; celui-ci tombe par son propre poids et vient fermer en K le circuit de pile L d'une part sur le circuit du relais O, d'autre part sur celui de la sonnerie M. L'électro A attire la palette P qui, en agissant sur la manette du disjoncteur, fait sauter celui-ci ; de plus, la sonnerie M se met à tinter.

Figures 6 à 8 (pl. XXXVIII). — Le détail en plan, élévation et bout du relais ouvrant les disjoncteurs.

f. Postes d'incendie. — Des postes de secours contre l'incendie ont été installés dans les stations suivant un programme fixé par la préfecture de Police.

Dans les stations comportant une seule issue vers l'extérieur, il n'a été placé qu'un seul poste ; dans celles munies de deux issues, il a été installé un poste correspondant à chaque quai.

Chaque installation comprend une prise d'eau, une conduite d'alimentation et un ou plusieurs robinets de secours ; les prises sont faites sur les conduites publiques d'eau de rivière les plus proches ; elles ont 40 millimètres de diamètre, et 60 millimètres si elles ont plusieurs postes à alimenter. Un robinet de contre-barrage est établi au point où la conduite pénètre dans la station.

Le robinet de secours est, en général, placé au pied de l'escalier le plus rapproché de la station (fig. 9, pl. XXXVIII) ; il est du type dit à quart de tour, de 40 millimètres de diamètre intérieur, avec coude tournant et demi-raccord symétrique du modèle du régiment des Sapeurs-Pompiers de Paris.

Chaque poste d'eau est muni de l'armement suivant :

1° Un tuyau en toile caoutchoutée, de 45 millimètres de diamètre intérieur, d'une longueur de 20 mètres, essayé à 12 kilogrammes de pression par centimètre carré et muni, à chacune de ses extrémités, d'un demi-raccord symétrique de 40 millimètres ;

2° Une lance à robinet, à orifice de 12 millimètres, avec demi-raccord de 40 millimètres ;

(Les tuyaux et lances sont montés constamment sur les robinets, les tuyaux disposés en écheveau, encadrant le robinet, sur deux sellettes scellées l'une au-dessus, l'autre au-dessous de chaque robinet.)

3° Une hache à pic ;

4° Un seau en tôle galvanisée de neuf litres placé sur la sellette inférieure sous le robinet ;

5° Un manomètre ;

6° Une clé tricoise.

La figure 9 donne le détail de cette installation.

Dans les stations qui correspondent à des terminus ou à des garages intermédiaires, chacun des postes est complété par un tuyau supplémentaire en toile caoutchoutée de 20 mètres de longueur, muni de deux demi-raccords et disposé en attente en échec sur deux sellettes.

IV. — VOIES

a. RAILS. — 1° Voie de roulement. — Le rail de roulement, comme celui des lignes en exploitation, est un rail Vignole, en acier Bessemer dur acide, contenant au maximum 4 grammes de carbone par kilogramme ; son poids est de 52 kilogrammes au mètre courant. Nous rappelons ci-dessous ses dimensions principales en profil ¹ :

Hauteur	0,150 m.
Largeur du champignon	0,065 —
Largeur du patin	0,150 —
Épaisseur de l'âme	0,016 —
Rapport $\frac{1}{V}$	273,644

Le plan de pose est identique à celui de la ligne circulaire Nord². Les joints, en porte-à-faux, sont reliés mécaniquement par des éclisses cornières fixées aux deux traverses adjacentes ; les figures 1 à 6 (pl. XL) donnent les détails des éclissages mécanique et électrique des rails de roulement ; la figure 2 donne la coupe pour les parties en courbe de $R < 100$ mètres où un contre-rail est posé le long du rail du petit rayon.

2° Rail prise de courant. — Le rail électrique est un rail Vignole de même type que le rail de roulement, mais en acier extra-doux comprenant, par kilogramme, 1,4 gr. de carbone et 5 grammes de manganèse ; cet acier assure une meilleure conductibilité.

Le dispositif de pose est identique à celui appliqué sur les lignes exploitées. Toutefois, les rails de courant ne sont éclissés

¹ Voir tome I, planche XVIII, fig. 1.

² Voir tome I, planche XVIII, fig. 2 et 3.

qu'aux points de passage des alignements droits aux courbes ; partout ailleurs, ils sont soudés par allumino-thermic.

L'éclissage électrique se compose de 4 éclisses formées par des lamelles en cuivre du type Chicago fixées par des balles coniques, à raison de : 2 sur l'âme protégée par l'éclisse et 2 sur le patin. Leur section est de 900 millimètres carrés. Les figures 7 à 12 (pl. XL) donnent les détails des éclissages mécanique et électrique des rails de courant.

Le rail de courant est supporté par des coussinets isolateurs (fig. 13 à 15, pl. XL) ; la matière isolante des coussinets employés en premier lieu n'étant pas incombustible, se calcinait lorsqu'un corps étranger venait à se loger entre la cloche et la masse en déterminant un arc et devenait conductrice ; la Compagnie du Chemin de fer Métropolitain a mis à l'essai de nouveaux supports dont la matière isolante (granit ou porcelaine) est incombustible.

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

b. TRAVERSES ET LONGRINES. — Les traverses sont en chêne plein cœur, sans préparation. Elles sont espacées normalement de 0,92 m. d'axe en axe ; celles qui avoisinent un joint de rail de roulement ont entre elles une distance réduite à 0,54 m. ; une traverse sur quatre supporte le rail de courant.

Les traverses ont une section rectangulaire ; celles qui supportent des éclisses cornières sont entièrement équarries, alors que les autres ont une tolérance de flaches. Elles ont 0,20 m. de largeur et 0,14 m. de hauteur. La longueur des traverses courantes est de 2,20 m., portée à 2,50 m. pour celles qui reçoivent le rail de courant.

Les rails de roulement reposent sur les traverses par l'intermédiaire de semelles en peuplier injectées au chlorure de zinc (fig. 1 et 2, pl. XL).

Dans les portions de voies munies de fosses de visite, les rails sont posés sur des longrines en chêne plein cœur sans prépara-

tion, entièrement équarries sur 0,30 m. \times 0,14 m. et fixées sur des chevalets métalliques ; nous reviendrons sur cette disposition particulière à l'occasion, notamment, de la description de la boucle terminale du parc Monceau qui comporte des fosses de visite.

c. BALLASTAGE. — Le ballast est formé de cailloux roulés dans les parties de voie en palier ou en pente inférieure à 0,04 en alignement droit et en courbe de $R > 75$ m. Il est composé de pierre cassée dans les parties en pente de 0,04 ou en courbe de $R \leq 75$ m. Il est réglé de façon à affleurer le dessus des traverses.

V. — MATÉRIEL ROULANT

Trois éléments principaux interviennent concurremment pour la réussite de toute entreprise de transport en commun : le bon marché, la rapidité et le confort. L'importance relative de chacun d'eux varie naturellement suivant la nature de l'entreprise ; il est de toute évidence que le voyageur appelé à un parcours de quelques minutes sur une ligne urbaine sera moins exigeant, au point de vue du confort, que celui devant effectuer un véritable voyage sur l'un des grands réseaux. Par contre, pour les transports urbains soumis à de nombreuses concurrences (omnibus, tramways, métropolitains, voitures de place, bateaux, etc...), la rapidité, qu'exige la vie si active de nos jours, et le bon marché deviendront prépondérants.

Ces deux éléments : rapidité et bon marché, si parfaitement réalisés par le Métropolitain de Paris, devaient à eux seuls en déterminer le succès en lui assurant immédiatement la foule des gens pressés. Mais un appoint considérable est venu s'ajouter à cette clientèle sous forme de la classe aisée habitant sur le parcours des lignes métropolitaines et attirée en partie, assurément, par la rapidité du transport, mais non moins par le confortable du matériel roulant de 1^{re} classe, confortable dont l'absence l'eût certainement éloignée.

La question du matériel roulant présentait donc, pour la Compagnie concessionnaire, et pour la Ville de Paris elle-même, une

importance considérable. Dès l'origine, l'Administration avait signalé à la Compagnie l'intérêt s'attachant à l'emploi de voitures aussi longues que possible, donnant seules un assez grand nombre de places, avec l'ampleur de sièges et de dégagements nécessaires aux heures d'affluence. La construction de semblables voitures conduisait à faire porter les caisses sur des trucks articulés, ou bogies. D'ailleurs, l'adoption des bogies eût été suffisamment indiquée dans l'intérêt des voyageurs en vue d'épargner à ces derniers les secousses désagréables que leur occasionnent l'inscription du matériel rigide dans les courbes à court rayon ; tout le monde a pu, en ces dernières années, apprécier la douceur de roulement des wagons à bogies, même dans les trains parcourant à grande vitesse des parties défectueuses de voies de nos grands réseaux.

La Compagnie, se basant sur des arguments dont ce n'est pas le lieu ici d'apprécier la valeur, mit néanmoins en service, sur ses premières lignes, des voitures courtes à essieux rigides qui subirent, après quelques mois d'expérience, diverses améliorations de détail¹.

Mais l'accident survenu le 10 août 1903 sur la ligne métropolitaine circulaire Nord mit au premier rang des préoccupations de l'Administration et de la Compagnie l'amélioration sérieuse du matériel roulant ; celui des lignes alors en exploitation (n^{os} 1 et 2 Nord) fut partiellement transformé : les motrices furent équipées sur bogies, les remorques demeurant seules sur châssis à essieux rigides. La transformation fut radicale pour la ligne n^o 3 : la Compagnie, entrant résolument dans la voie des derniers progrès réalisés de nos jours, mit en construction, puis en service, un matériel répondant aux desiderata exprimés : caisses longues montées sur bogies et équipées électriquement d'après les derniers systèmes les plus réputés : Westinghouse, Thomson-Houston, Sprague.

DESCRIPTION DES CAISSES. — 1^o *Voitures automotrices.* — Ces voitures sont formées par des caisses de 2^e classe, ayant une

¹ Voir tome I. chap. II, § V.

longueur totale de 13,320 m., une largeur extérieure de 2,260 m., une hauteur extérieure maximum de 2,284 m. (fig. 101 à 103); elle contiennent 8 rangées transversales de sièges adossés deux à deux à l'exception des extrêmes.

Ces rangées sont séparées par un couloir longitudinal de 0,80 m. de largeur laissant, d'un côté, une série longitudinale de sièges, de 0,48 m. de largeur, n'offrant chacun qu'une seule place et, de l'autre côté, une autre rangée de sièges de 0,96 m. de largeur, présentant chacun 2 places (fig. 104).

Une plateforme en bout, de 2,20 m. de largeur sur 2,40 m. de longueur intérieure, est comprise entre le compartiment sus-mentionné et la cabine du wattman.

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

Le nombre des places assises est de 25.
 — — — — — debout — 45.

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

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

La cabine de manœuvre, entièrement métallique, occupe un rectangle dont les angles avant sont arrondis; le petit côté est formé par la largeur de la voiture, l'autre a 2,50 m.

La voiture est desservie de chaque côté par 3 portes doubles coulissantes donnant chacune une largeur de baie de 1,200 m.; l'une de ces portes donne accès à la plateforme d'extrémité; aux deux autres correspondent deux petites plateformes de 1,30 m. de largeur.

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

Les figures 1 à 5 (pl. XLI) donnent le détail de ces voitures.

2° *Voitures d'attelage.* — Les voitures d'attelage sont de deux types : un pour la première classe et un pour la deuxième.

Elles se composent de caisses de 12,470 m. de longueur totale, de 2,420 m. de largeur extérieure, et de 2,336 m. de hauteur (fig. 105 à 107), renfermant 12 rangées transversales de sièges disposées comme celles des voitures automotrices (fig. 108).

Le nombre des places assises est de 37.

— — debout — 45.



Fig. 104. — Voiture de 2^e classe (automotrice). Vue intérieure.

Les portes d'entrée sont semblables à celles des automotrices.

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

Les figures 109, 110 et 111 montrent respectivement l'aspect extérieur :

1° D'une voiture automotrice (la loge du wattman est à l'extrémité de gauche de la caisse);

2° D'une voiture d'attelage de 2^e classe.

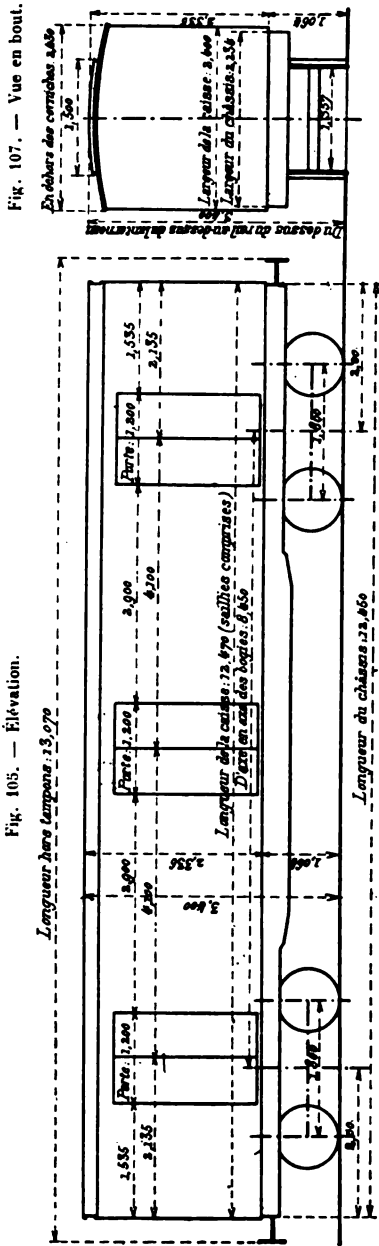


Fig. 107. — Vue en bout.

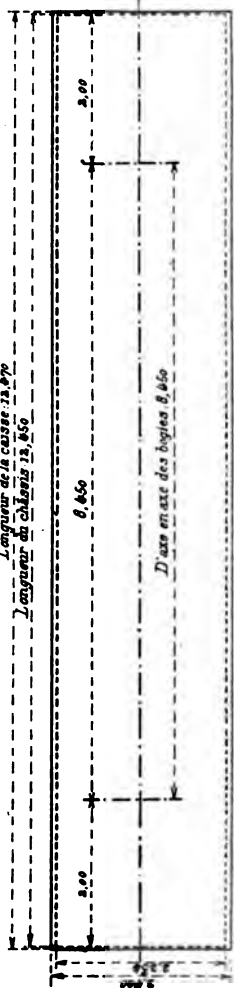
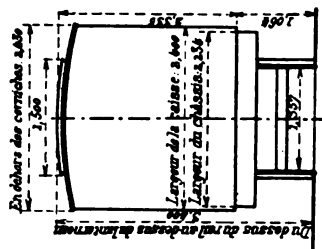


Fig. 106. — Plan.

Fig. 105 à 107.

Schéma
des caractéristiques
d'une
voiture d'attelage.

3° D'une voiture de 1^{re} classe.
D'autre part les figures 1 à 5 (pl. XLII) donnent le détail
d'une voiture d'attelage de 2^e classe.

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

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



Fig. 103. — Voiture d'attelage de 1^{re} classe. Vue intérieure.

L'entre-axe des pivots pour les voitures motrices est de 9,100 m. et, pour les voitures d'attelage, de 8,450 m.

L'empatement des bogies des voitures de remorque est de 1,80 m. (fig. 105 à 107), celui des bogies des motrices est de 2,25 m. (avant) et 1,80 m. (arrière); le bogie avant porte seul 2 moteurs; le nombre d'essieux moteurs est donc de 6 par trains (à raison de 3 automotrices par train, une à chaque extrémité, une au milieu).

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

Le tableau ci-après, auquel correspondent les schémas figures 1

à 3 et 5 à 7, résumant les caractéristiques des voitures automotrices et des remorques.

	Automotrices.	Remorques.
Places assises.	25	37
Places debout.	45	45
Total des places.	70	82
Longueur totale de caisse	13,320 m.	12,470 m.
Largeur extérieure	2,260 —	2,420 —
Hauteur extérieure maximum	2,284 —	2,336 —
Entre axe des pivots.	9,100 —	8,450 —
Empattement des bogies avant	2,250 —	1,800 —
— — arrière.	1,800 —	1,800 —
Nombre de moteurs (bogie avant).	2	»
Poids (à vide).	30 t.	20 t.

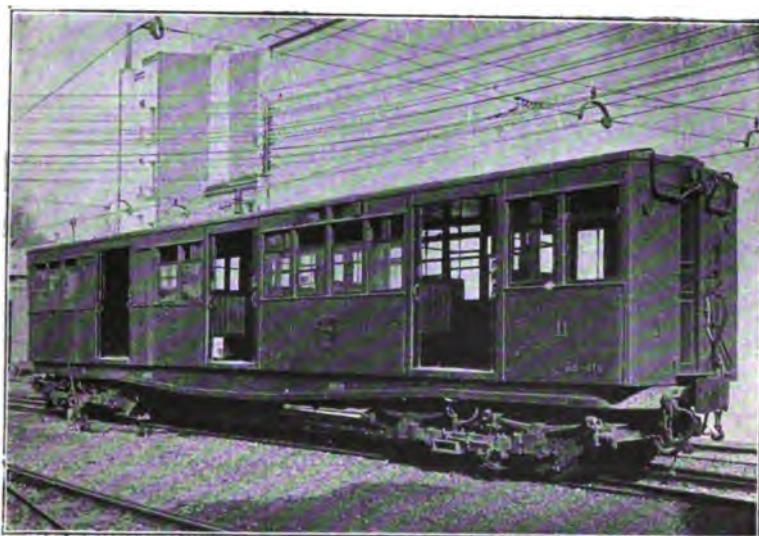


Fig. 109. — Voiture automotrice. Vue extérieure.

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

Chaque motrice porte son compresseur ; suivant que les motrices sont accouplées ou isolées, les compresseurs fonctionnent simultanément ou séparément : pour obtenir ce résultat on a dû

les grouper électriquement suivant le schéma représenté par la figure 112 ci-après.

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

Le courant arrive au centre de l'interrupteur à 2 directions I; si une avarie se produit à l'automatique il suffit de fermer l'in-



Fig. 110. — Voiture d'attelage de 2^e classe. Vue extérieure.

interrupteur sur la mâchoire de la ligne directe pour faire fonctionner le compresseur. Donc, en marche normale, l'interrupteur est branché sur la mâchoire A; en suivant le circuit, nous trouvons en B un conjoncteur électro-magnétique qui est ouvert lorsque le circuit t est fermé par les contacts C, C'; ceux-ci sont manœuvrés par un appareil D, se composant d'un diaphragme e qui peut être soulevé par l'air contenu dans le réservoir principal arrivant en f , lorsque sa pression est suffisante pour vaincre l'action du ressort compensateur r .

On conçoit que lorsque la pression de l'air dans le réservoir principal d'une quelconque des unités multiples, atteint le minimum pour lequel le ressort a été réglé, les contacts C, C' ferment le circuit de t pour toutes les motrices accouplées ensemble, et les

interrupteurs B fonctionnent simultanément; le moteur du compresseur se met alors en marche; lorsque la pression a atteint sa limite, t, t, t est coupé en C, C'. Lorsque deux ou plusieurs automotrices sont accouplées, il suffit, avec ce dispositif, de les relier par un seul fil pour que les compresseurs fonctionnent tous en même temps.

Chaque automotrice a ses réservoirs principaux à frein et ceux-

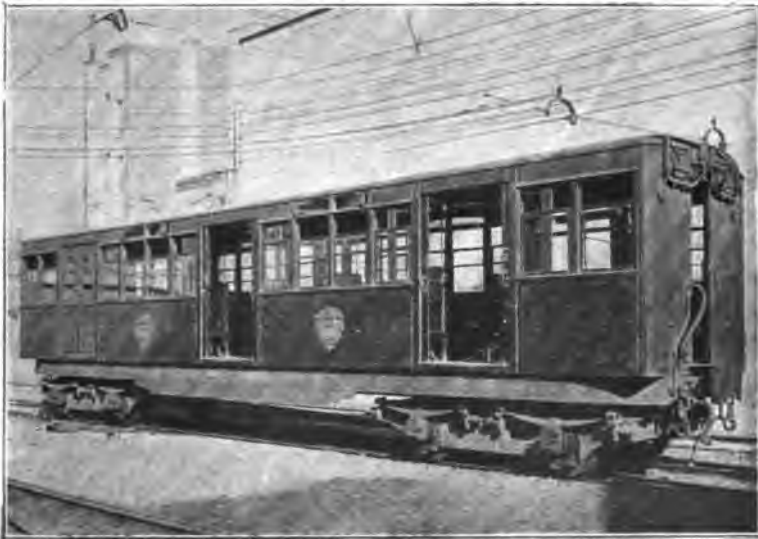


Fig. 411. — Voiture de 1^{re} classe. Vue extérieure.

ci sont tous reliés par une conduite spéciale parallèle à la conduite générale des freins.

Les sifflets avertisseurs des automotrices sont à air comprimé.

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

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

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

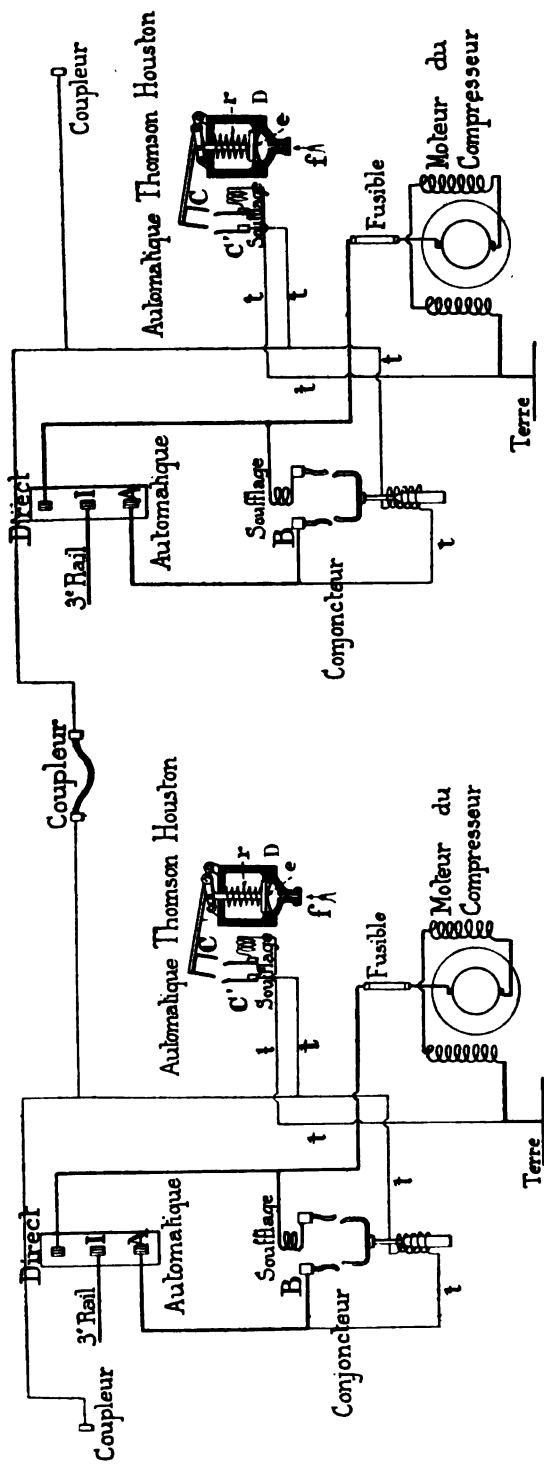


Fig. 112. — Schéma de groupement automatique des compresseurs électriques.

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

Équipements électriques. — L'emploi de la traction électrique ne s'est vraiment développé que depuis quelques années ; il faut cependant remonter jusqu'en 1834 pour trouver la première application de l'électricité à la propulsion d'un véhicule : nous voulons parler de la voiture électrique de Thomas Davenport qui fonctionna à Boston, vers 1835 ou 1836, sur un petit chemin de fer circulaire.

Bien que son essor soit récent, la traction électrique, telle qu'elle est comprise et appliquée actuellement, laisse bien loin derrière elle l'ingénieuse mais primitive voiture de l'honnête Davenport.

La mise en service, le 2 février 1888, de la ligne de Richmond (Virginie) par la Compagnie Sprague, marque le point de départ de ce qu'on peut nommer l'ère pratique de la traction électrique. Lorsque le succès de cette expérience fut bel et bien acquis, les grandes compagnies américaines (Thomson-Houston, Edison, Westinghouse, etc.) se mirent à la tête du mouvement qui prit alors, avec une rapidité prodigieuse, un développement énorme.

L'année 1888 vit construire, toujours en Amérique, 210 kilomètres de lignes électriques ; dix ans plus tard, au 1^{er} janvier 1897, 23 000 kilomètres de lignes, comptant près de 40 000 voitures, étaient en service.

En Europe, le mouvement fut plus tardif et plus lent ; il faut arriver à 1895 pour trouver quelque activité dans la construction de lignes électriques ; au 1^{er} janvier 1898, on comptait en Europe une longueur de 2 259 kilomètres de lignes équipées électriquement.

Le système dit des unités multiples, avec ses nombreux avantages, est de nature à donner une impulsion nouvelle à l'essor de la traction électrique.

On sait que ce système a pour but, comme d'ailleurs son nom même l'indique, de multiplier les unités motrices, afin de profiter des avantages suivants :

On obtient ainsi une adhérence aussi élevée que l'exige le démar-

rage, tandis qu'avec la locomotive électrique les accélérations nécessaires ne peuvent être fournies qu'en augmentant de plus en plus le poids adhérent de la locomotrice et par conséquent le tonnage total.

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

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

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

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

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

2° Modifier aussi peu que possible les voitures d'attelage du train.

Les systèmes à unités multiples employés sur la ligne n° 3 sont construits par la Compagnie Thomson-Houston et par la Société Westinghouse d'après son système le plus récent, dit Turret. Enfin la Compagnie du Métropolitain a décidé d'équiper un certain nombre d'automotrices d'après le système Sprague.

Rappelons que ces divers systèmes sont à contacteurs, c'est-à-dire à interrupteurs manœuvrés chacun par des servo-moteurs commandés à distance électriquement et de surveillance facile. Ces appareils sont en nombre sensiblement égal au nombre des crans de manipulateurs à tambour rotatif appelés contrôleurs, effectuant les mêmes combinaisons : insertions des résistances, couplage en série parallèle, marche avant et arrière.

Unités multiples Thomson-Houston. — Le principe du système

Thomson-Houston est le suivant : les connexions réalisées à chaque instant par le mécanicien sur l'une des voitures doivent l'être en même temps sur toutes les autres. A cet effet, chaque voiture comprend un certain nombre d'interrupteurs électro-magnétiques asservis, dont les attributions sont celles du combinateur de commande des moteurs dans les équipements ordinaires ; ils sont commandés à distance, électriquement et synchroniquement, pour toutes les voitures motrices du train, par le mouvement du combinateur principal.

Les voitures motrices en service sur le chemin de fer métropolitain de Paris comportent deux circuits électriques distincts :

1° Un circuit principal amenant le courant aux moteurs, aux résistances, etc.

2° Un circuit de commande, à faible intensité, actionnant à distance les contacteurs électro-magnétiques.

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

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

Un inverseur (fig. 413) actionné par le courant de commande, permet de faire varier le sens du passage du courant dans les moteurs et, par suite, leur sens de marche.

Examinons le passage du courant pour le premier cran de série, par exemple (schéma, pl. XLIII).

Les contacteurs 3, 12, 13 et 14 étant fermés par le circuit de commande comme nous le verrons plus loin, le courant arrive au contacteur 14 après avoir passé par l'interrupteur général et le fusible principal. Il passe ensuite par le contacteur 13, le relais d'intensité, le moteur 1, les résistances de R 15 à R 12, le contacteur 5, les résistances de R 25 à R 21, le contacteur 12, le moteur 2 et la terre.

A chacun des crans suivants du contrôleur du circuit de com-

mande, les contacteurs 10, 2 et 9 — 3 et 8 — 4 et 7 — 11 sont successivement fermés et les résistances mises progressivement en court-circuit.

Dans la marche en parallèle, les contacteurs 6 et 1 sont fermés, le contacteur 5 ouvert, le moteur 1 prend sa terre par le con-

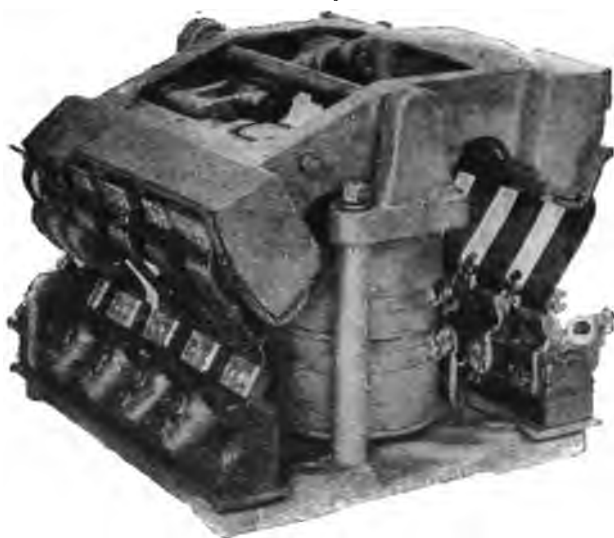


Fig. 113. — Inverseur.

tacteur 1, le moteur 2 reçoit directement le courant par le contacteur 6. Les divers contacteurs se ferment successivement comme pour la marche en série.

Circuit de commande. — Les circuits de commande des voitures sont réunis en un seul par l'intermédiaire des coupleurs spéciaux (fig. 114) et du câble à 9 conducteurs régnant sur toute la longueur du train.

Ce circuit comprend un certain nombre d'appareils qui sont, dans l'ordre où les traverse le courant : un interrupteur spécial, un fusible général, un contrôleur de commande (fig. 115), un interrupteur de sectionnement permettant d'isoler une motrice en coupant le circuit de commande local, un rhéostat de réglage (fig. 116) destiné à permettre d'obtenir la même résistance dans

les différents circuits, l'inverseur et les contacteurs. Un certain nombre de plombs fusibles sont disposés de telle sorte qu'il y en a toujours un en série dans chaque circuit. Nous allons examiner successivement les principaux de ces appareils.

Contrôleur. — Le contrôleur (fig. 115) comporte une série de frotteurs fixes reliés aux différents appareils et un cylindre mobile muni d'un segment qui permet d'établir des connexions entre les différents frotteurs. Le conducteur agit sur une manivelle qui attaque l'arbre du cylindre, soit directement (démarrage à la volonté du conducteur) soit par l'intermédiaire d'un ressort, d'une série d'engrenages ou d'un arbre auxiliaire (démarrage automatique). Un simple embrayage permet de passer du premier dispositif au second.

Le démarrage automatique est, en principe, le seul employé, le wattman n'ayant qu'à placer la manivelle directement à fin de course, série ou parallèle. Il a l'avantage d'obtenir l'accélération la plus grande possible tout en ne dépassant pas dans les moteurs une intensité maxima fixée (250). Ce résultat est obtenu à l'aide du relais d'intensité placé sur le câble d'arrivée au moteur 1, et d'une sorte de régulateur force centrifuge, placé sur l'arbre auxiliaire du contrôleur et qui sert en outre à s'opposer à un mouvement trop rapide de ce dernier sous l'action du ressort.

Le relais se compose d'un petit interrupteur maintenu ouvert par un ressort à tension réglable. Cet interrupteur est actionné



Fig. 114. — Coupleurs.

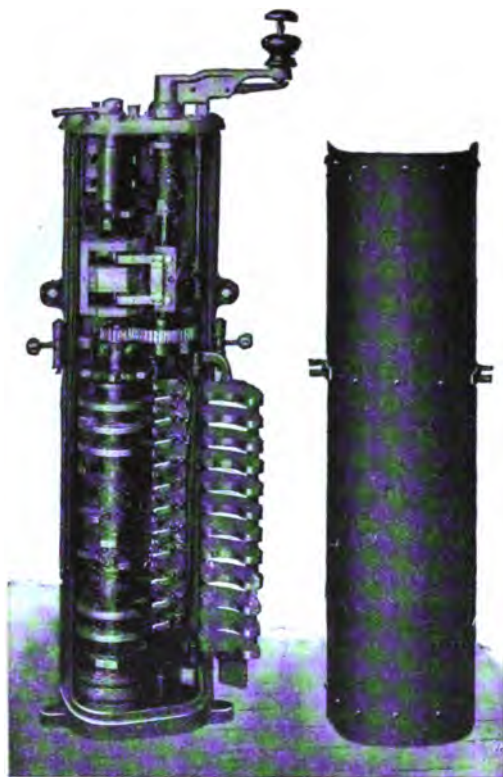


Fig. 115. — Contrôleur de commande (ouvert).



Fig. 116. — Rhéostat de réglage.

par le jeu d'un électro traversé par le courant principal, et ferme le circuit d'une bobine traversé par le courant de commande et dont l'effet est d'appliquer fortement les segments du régulateur contre sa boîte et d'arrêter net le mouvement de rotation du cylindre du contrôleur.

La tension du ressort de l'interrupteur est réglée de manière à ne permettre le passage d'un cran du contrôleur à un autre que si l'intensité du courant est inférieure à 220 ampères.

Le contrôleur comporte aussi un interrupteur de changement de marche actionné par une manette spéciale et commandant l'inverseur.

Inverseur. — Cet appareil (fig. 413) destiné à effectuer les changements de marche, présente deux positions : une de marche avant, l'autre de marche arrière. A cet effet, un balancier mobile manœuvré par deux électros à pistons plongeurs, se déplace devant les frotteurs fixes. Ce changement de position ne peut avoir lieu que lorsque le contacteur 12 est ouvert et, par suite, le courant principal interrompu.

A côté des frotteurs principaux, se trouvent trois petits frotteurs. Les deux premiers sont destinés à la commande de l'inverseur ; le troisième ne permet le passage du courant dans les contacteurs que lorsque l'inverseur a fonctionné.

Contacteurs. — Les divers contacteurs employés pour effectuer l'insertion des résistances, ou les couplages série-parallèle, sont d'un modèle uniforme.

Quelques contacteurs diffèrent seulement des autres par l'addition d'un contact électrique inférieur, intercalé sur des circuits de commande et cette modification a été apportée pour exclure toute chance de fonctionnement inopiné des contacteurs, notamment le fonctionnement simultané des contacteurs 6-5 et 4.

Le contact inférieur du contacteur 12 empêche le fonctionnement de l'inverseur, tant que le courant principal n'est pas coupé.

Chaque contacteur est constitué par un bloc de fonte à l'intérieur duquel est placée la bobine principale de l'électro. A la partie inférieure sont deux contacts normalement écartés par

...
 ...
 ...
 ...
 ...
 ...
 ...
 ...
 ...
 ...



Fig. 10. — Le tableau de commande de la machine.

...
 ...
 ...
 ...
 ...
 ...
 ...
 ...

La machine AV est alimentée par le fil 8, le courant passant
 tout d'abord par les fusibles 1 et 2, et une bobine de soufflage de
 la machine de grande sa terre par le contact inférieur du con-
 tacteur 12. Lors de la 1^{re} touche, le 3^e doigt, ferme un nouveau
 circuit dans lequel le courant en sortant de la bobine d'attraction,
 passe par les relais, le contact inférieur du contacteur 4, et va
 prendre sa terre au contrôleur par le fil 4. Pour la 2^e touche de
 série, le contrôleur met le courant sur le fil 3 qui ferme le
 contacteur 10 en prenant directement sa terre après les fusibles.

La 3^e touche met le courant sur le fil 4, la 4^e touche sur le
 fil 5, la 5^e touche sur le fil 6, en fermant chaque fois deux
 nouveaux contacteurs.

Pour le 1^{er} cran de parallèle, le fil 4 est isolé, mais est mis à



HEI

l'action de la pesanteur, et fermés par le jeu de l'électro-aimant.

Ces contacts sont à projections divergentes pour faciliter la rupture du courant, rupture activée par un soufflage magnétique, obtenu au moyen d'une bobine traversée par le courant principal et placée à la partie supérieure de l'appareil.

Fonctionnement du courant de commande (pl. XLIII). — Examinons la marche du courant pour le premier cran de série. Le courant, après avoir passé par les contacts auxiliaires

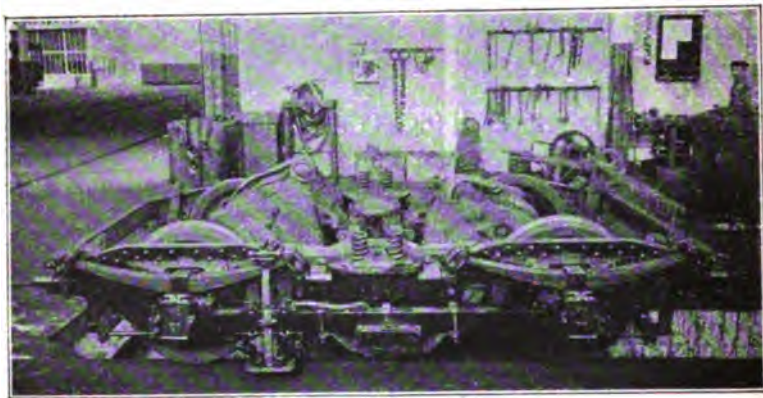


Fig. 118. — Bogie moteur Thomson-Houston.

du contrôleur, arrive à la touche de ce contrôleur ; il se rend de là au cylindre de renversement de marche.

La marche AV est obtenue par le fil 8, le courant passant dans une des bobines d'attraction et une bobine de soufflage de l'inverseur et prenant sa terre par le contact inférieur du contacteur 12. L'inverseur basculant le 3^e doigt, ferme un nouveau circuit dans lequel le courant en sortant de la bobine d'attraction, passe par les relais, le contact inférieur du contacteur 4, et va prendre sa terre au contrôleur par le fil 1. Pour la 2^e touche de série, le contrôleur met le courant sur le fil 3 qui ferme le contacteur 10 en prenant directement sa terre après les fusibles.

La 3^e touche met le courant sur le fil 4, la 4^e touche sur le fil 5, la 5^e touche sur le fil 6, en fermant chaque fois deux nouveaux contacteurs.

Pour le 1^{er} cran de parallèle, le fil 1 est isolé, mais est mis à

111



terre au contrôleur, de sorte que les contacteurs 7 et 14 s'enclanchent et 13 s'ouvre, 5, 6, et 8 restent fermés, le circuit de commande du fil 2 étant fermé par le contact inférieur du contacteur 13 ouvert.

Chacune des touches suivantes met alors le courant respec-

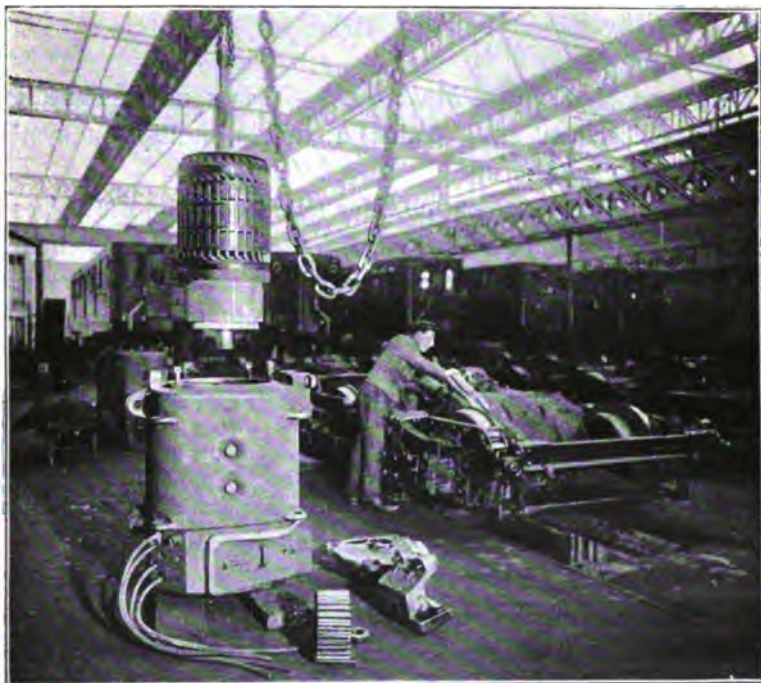


Fig. 119. — Moteur Thomson-Houston démonté.

tivement sur les câbles 3, 4, 5, 6, en fermant chaque fois 2 contacteurs.

Les fils 1, 2, 3, 4, 5, 6 servent donc à la commande des différents crans de série et de parallèle, le fil 8 à la marche AV, le fil O à la marche AR.

Quand au fil 7, il sert à produire le démarrage automatique des trains par l'intermédiaire d'un relais monté sur le circuit du fil 7, suivant l'intensité du courant principal.

La figure 117 donne la vue idéale du système de la General Electric Company, avec les divers organes qu'il comporte.

Nous donnons également la vue d'un bogie moteur système Thomson-Houston (fig. 118) et celle d'un moteur démonté (fig. 119) dont l'induit est suspendu au-dessus par une chaîne ; l'ensemble de cette dernière photographie montre l'intérieur du hall de petit entretien des ateliers dits de Saint-Fargeau ; au deuxième plan, à droite du moteur démonté, on voit un bogie placé sur fosse de visite.

Unités multiples Westinghouse. — Les conditions réalisées dans l'établissement des trains à unités multiples, système Westinghouse sont :

1° La multiplication des motrices ayant chacune ses prises de courant, ses rhéostats de démarrage et ses moteurs, de manière à augmenter le poids adhérent par train, à assurer un démarrage facile et à permettre la mise hors circuit rapide d'une unité avariée ;

2° La commande des motrices de l'une quelconque d'entre elles ;

3° La suppression, le long du train, de conducteurs à forte intensité et à haute tension (dans le système Westinghouse, le courant de commande par motrice atteint momentanément un maximum de 2, 4 ampères sous une différence de potentiel de 14 volts ; il n'offre donc aucun danger).

Pour réaliser ces diverses conditions, le système Westinghouse, comme le précédent, comporte deux circuits distincts :

1° Le circuit principal à 550 volts ;

2° Le circuit de commande à 14 volts.

Le système Westinghouse se distingue des systèmes Thomson-Houston et similaires, par l'emploi de l'air comprimé ; il est électro-pneumatique pour la commande des servo-moteurs, c'est-à-dire qu'il fait usage de l'air comprimé et du courant électrique, chacun de ces deux agents ayant sa fonction bien déterminée : l'air comprimé pour l'exécution des manœuvres d'appareils, le courant électrique pour la commande des organes délicats de distribution d'air comprimé.

Un caractère propre du système Westinghouse est d'emprunter le courant de commande non au circuit de traction lui-même,

LIGNE DU BOULEVARD DE COURCELLES A MÉNILMONTANT 287
 mais à un circuit auxiliaire indépendant du premier, méthode

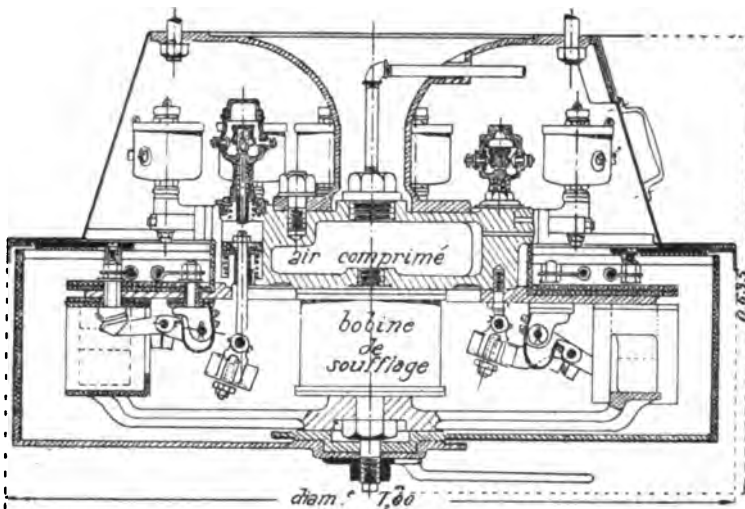


Fig. 120. — Contacteur Westinghouse, type « Turret ». Coupe diamétrale.

à laquelle ses inventeurs attribuent l'avantage de soustraire

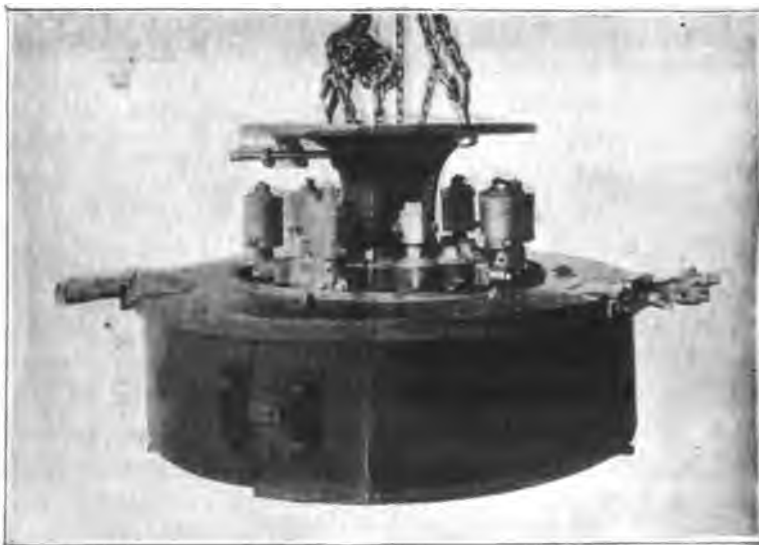


Fig. 121. — Contacteur Westinghouse (Turret). Vue extérieure, l'enveloppe protectrice supérieure enlevée.

la commande des appareils aux dérangements ou accidents pouvant affecter le voltage du réseau de traction, en même temps

que d'éviter au personnel les commotions que pourrait produire le contact accidentel de cette tension élevée.

Le système Westinghouse appliqué sur le réseau métropolitain de Paris est du type récent dit « Turret » (tourelle) ainsi nommé en raison de la forme de petite tour qu'affecte l'enveloppe protectrice du contacteur ou contrôleur électro-pneumatique. La figure 120 montre une coupe de cet appareil dont la figure 121 donne la vue extérieure, l'enveloppe protectrice qui lui a fait attribuer son nom de Turret, étant enlevée.

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

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

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

Examinons la marche du courant pour la première position série (schéma fig. 122).

Les contacteurs 6 et 7 étant fermés par le courant de commande, le courant passe par le contacteur 6, l'inverseur, le moteur n° 1, les résistances de R. 5 à R. 1, le contacteur n° 7, les résistances R.5 à R.10, l'inverseur, le moteur n°2 et enfin la terre.

A la deuxième position série, le contacteur 8 est fermé ce qui supprime les résistances de R. 2 à R1 et R. 6 à R. 7 ; à chacune des autres positions, 2 contacteurs sont fermés qui court-circuitent 2 résistances et ceci se reproduit jusqu'au moment où le contacteur 5 se fermant, les contacteurs 7, 8, 9, 10, 11, 3, 1, 2 s'ouvrent ; à ce moment les moteurs sont directement en série sans résistances.

Pour la marche en parallèle, les contacteurs, 4, 12, 13 se ferment, 5 s'ouvre, le moteur 1 prend sa terre par le contacteur 13 et le moteur 2 reçoit le courant par les contacteurs 4 et 12.

Circuit de commande. — Les circuits de commande sont

réunis en un seul au moyen de coupleurs spéciaux et d'un câble à 7 conducteurs qui existe sur toute la longueur des trains.

Pour le courant de commande on a 2 batteries d'accumulateurs :

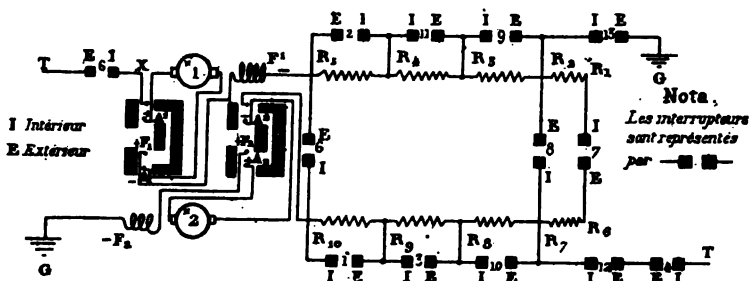


Fig. 122. — Contrôle multiple, système Westinghouse. Schéma des circuits des moteurs.

l'une se charge en série avec la lumière pendant que l'autre se décharge.

Le courant de commande traverse un certain nombre d'appareils.

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

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

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

Boîtes de circuit de commande. — Ce sont des boîtes de jonction qui permettent d'établir des connexions sans épissures dans le circuit de commande.

Inverseur. — Un commutateur-inverseur spécial réalise les connexions entre les moteurs pour la marche en avant ou en arrière.

Cet appareil se compose d'un tambour rectangulaire dont l'axe

est relié aux pistons de 2 cylindres à air. Chaque cylindre comporte une valve électro-magnétique, commandée électriquement par le circuit de commande ; suivant que le courant est envoyé dans l'un des deux pistons, le tambour inverseur prend, soit la position de marche avant, soit celle de marche arrière.

L'axe du tambour porte en outre un interrupteur qui ne se trouve fermé que lorsque l'inverseur est sur l'une des positions de marche avant ou arrière, de sorte que le courant de commande ne peut actionner les contacteurs que si les inverseurs ont bien pris la position dans laquelle ils doivent se trouver.

Contrôleur électro-pneumatique ou contacteur. — Cet appareil (fig. 120 et 121) remplace le contrôleur des équipements ordinaires ; il contient 13 contacteurs disposés sur une base circulaire avec une bobine de soufflage placée au centre.

Les contacteurs sont actionnés par des pistons à air se mouvant dans des cylindres verticaux. Une chambre à air centrale (fig. 120) reçoit l'air et le distribue aux valves électro-magnétiques d'où il entre dans les cylindres.

Des interrupteurs secondaires, appartenant au circuit de commande, sont enclanchés avec les contacteurs de façon à régler automatiquement le mouvement des contacteurs. Le schéma (pl. XLIV) montre les différences qui existent entre ces divers interrupteurs secondaires.

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

Le relais du disjoncteur automatique d'intensité est un électro-aimant dont la bobine est branchée en dérivation aux bornes de la bobine de soufflage (il est donc parcouru par un courant proportionnel au courant principal).

L'interrupteur est connecté dans le circuit de commande du contrôleur électro-pneumatique et actionné par le relais.

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

Disjoncteur automatique de tension. — Comme le disjoncteur

d'intensité, cet appareil constitué par un relais et un interrupteur.

Le relais est un électro-aimant dont la bobine en série avec une résistance est connectée, d'une part, à la terre et, d'autre part, après le contacteur 6.

L'interrupteur est à peu près semblable à celui du disjoncteur d'intensité.

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

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

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

Réservoirs et valves. — L'air comprimé est amené des réservoirs principaux des freins à un réservoir auxiliaire par l'intermédiaire d'un clapet de retenue et d'une valve de réduction réduisant la pression de 7 à 5 kg, environ ; sur ce réservoir sont branchés les tuyaux desservant le contacteur et l'inverseur ; chacun de ces deux appareils est muni d'un robinet d'isolement et d'un manchon isolant.

Interrupteur de sectionnement. — Cet interrupteur est placé dans la cabine à l'arrivée du câble venant des frotteurs ; il permet d'isoler complètement du circuit à 500 volts tous les appareils qui se trouvent dans la cabine. En cas d'accident sur l'une des motrices, l'interrupteur permet d'isoler cette motrice de sorte que celle-ci entre dans la composition du train comme une remorque.

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

Tant que l'intensité dans les moteurs ne dépasse pas une cer-

taine valeur fixée suivant la puissance des moteurs, l'interrupteur ferme le circuit ; mais si en passant d'une position série ou parallèle à la suivante, l'intensité dans les moteurs devenait trop grande, l'interrupteur coupe le circuit. Cet appareil est donc un régulateur automatique de démarrage ; il permet d'obtenir des démarrages indépendants de la volonté du conducteur et évite les surcharges trop grandes aux moteurs.

Fonctionnement du circuit de commande (schéma, pl. XLIV).

— Le manipulateur étant dans la première position, le courant de commande va du positif de la batterie au manipulateur, puis dans l'un ou l'autre des électro-aimants de l'inverseur et revient au négatif de la batterie. L'inverseur se fermant sous l'action de l'air comprimé, l'interrupteur de sûreté établit le contact sur le fil R et le courant de commande traverse les bobines du contacteur 6 ; l'air comprimé étant admis dans le cylindre de ce contacteur, ce dernier se ferme ; il en est de même de l'interrupteur secondaire correspondant ; et s'il y a du voltage sur la ligne, le relais du disjoncteur de tension fonctionne en fermant l'interrupteur.

La deuxième position du manipulateur correspond à la marche série. Le courant de commande va du positif de la batterie à la touche 4 du manipulateur, traverse le régulateur d'intensité, la bobine supérieure du contacteur 7, les interrupteurs secondaires 6, 5, 4, les disjoncteurs de tension et d'intensité et enfin arrive au négatif de la batterie. L'électro-aimant 7 étant excité, l'air comprimé actionne le contacteur 7 dont la fermeture entraîne celle de l'interrupteur secondaire correspondant. Ce dernier établit le courant sur la bobine inférieure de 7 qui maintiendra le contacteur 7 fermé au cas où le fil n° 4 (retour commun des bobines supérieures) vient à être ouvert par le régulateur d'intensité ; l'interrupteur secondaire 7 ferme également le courant sur la bobine supérieure de 8 et les mêmes opérations que précédemment se reproduisent jusqu'au moment où les contacteurs 6, 7, 8, 9, 10, 11, 3, 1, 2 sont fermés.

Au moment où le contacteur 2 se ferme, l'interrupteur secondaire 2 ferme le circuit sur la bobine supérieure de 5, ce qui entraîne la fermeture du contacteur 5. Ce contacteur en se fermant

fait fonctionner son interrupteur secondaire, le contact supérieur

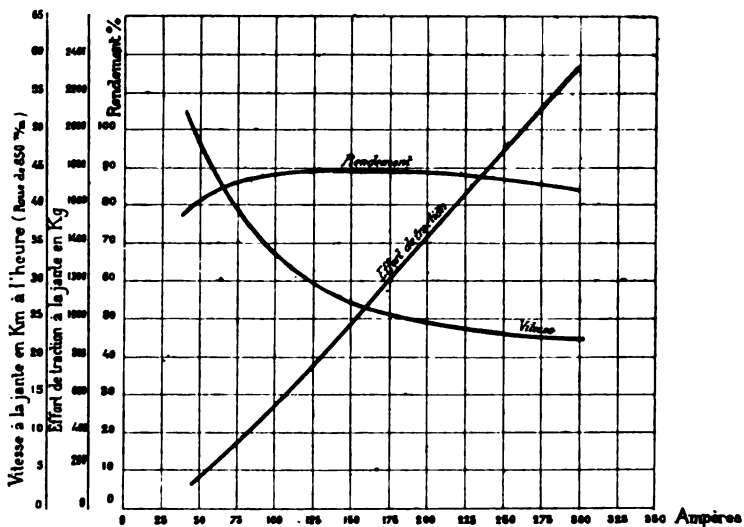


Fig. 123. — Moteur Thomson-Houston. Caractéristiques en charge sous 550 volts.

est rompu et le contact inférieur établi, ce qui fait ouvrir tous les contacteurs à l'exception de 6 et 5.

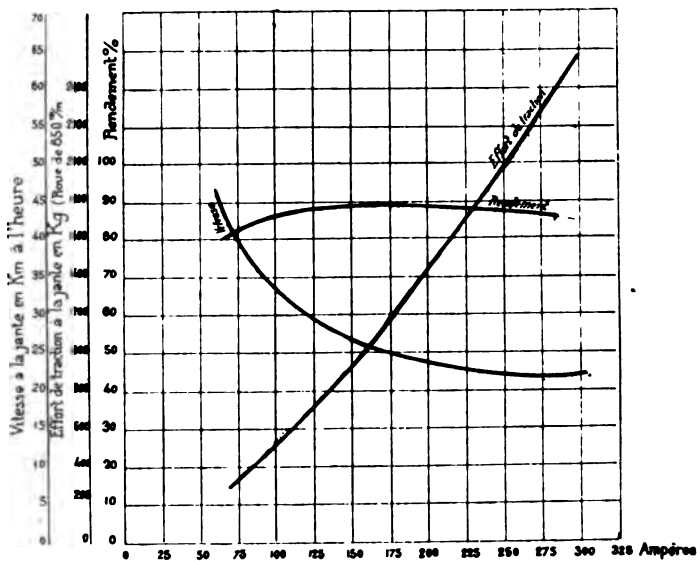


Fig. 124. — Moteur Westinghouse. Caractéristiques en charge sous 550 volts.

Toutes ces opérations se font automatiquement sur la deuxième

position du manipulateur ; si l'on veut rester sur une des positions série, il suffit de ramener la manette du manipulateur à la position 1 qui correspond au retour commun des bobines inférieures qui sont les bobines de retenue.

La 3^e position correspond à la marche en parallèle. Le courant de commande passe par la touche 7 du manipulateur, arrive à la bobine supérieure des contacteurs 4, 12, 13 ; ces contacteurs se ferment pendant que le contacteur 5 s'ouvre, ce qui entraîne la



Fig. 123. — Manipulateur.

fermeture et l'ouverture des interrupteurs secondaires correspondants. Cette manœuvre étant effectuée, le courant de commande traverse la bobine supérieure de 9-10, les contacteurs 9-10 se ferment en fermant l'interrupteur secondaire 9 et en ouvrant 10, les résistances R-3 à R-2 et R-2 à R-8 sont court-circuitées.

L'interrupteur secondaire 9 étant fermé établit le courant sur la bobine inférieure de 9-10, ce qui maintient les contacteurs 9-10 fermés malgré le fonctionnement du régulateur d'intensité et sur la bobine supérieure de 11-3, ce qui ferme les contacteurs 11-3 et l'interrupteur secondaire de 11 ; la même opération se reproduit pour les contacteurs 1 et 2 et les moteurs marchent alors en parallèle sans résistances.

Afin de donner toute sécurité, tous les appareils de commande, le tableau de distribution, l'inverseur, les résistances, le compresseur, etc., sont réunis dans la loge qui est entièrement métallique.

Les moteurs du bogie avant, sont placés en dessous de cette loge,

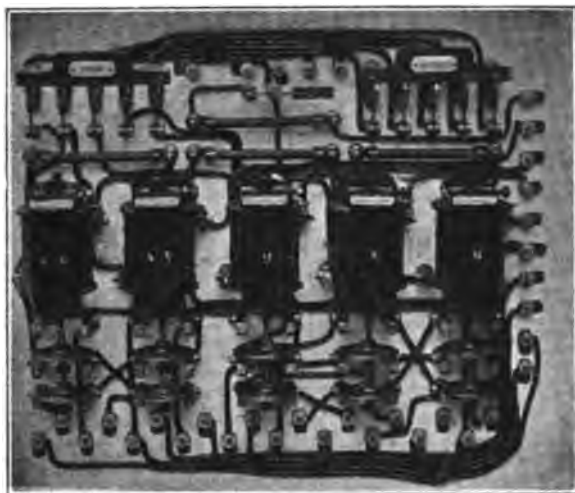


Fig. 126. — Tableau des relais.

le câblage est ainsi réduit au minimum, et toute chance d'incendie, provoquée par un arc ou par un court-circuit, est écartée.



Fig. 127. — Rupteur-double.

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

Les moteurs Thomson-Houston et Westinghouse, dont les

courbes caractéristiques sont données par les schémas (fig. 123 et 124), sont approximativement de même puissance, tous deux de 175 chevaux environ. Cependant la vitesse des induits diffère, leurs rapports d'engrenages ont : pour les moteurs de la Compagnie

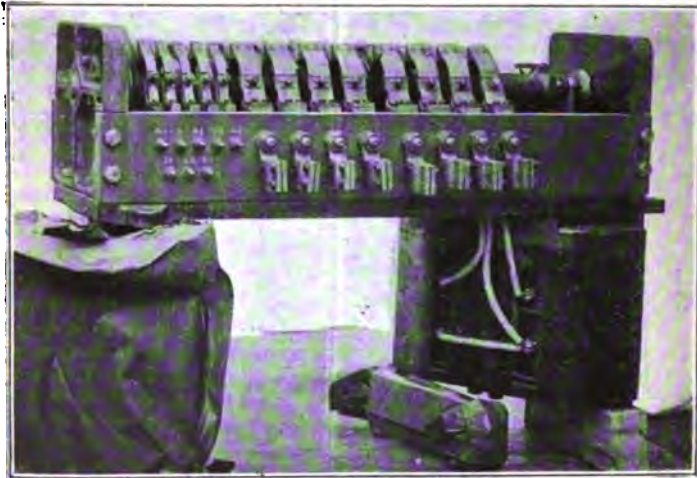


Fig. 128. — Inverseur.

Thomson 2,29 ; pour les moteurs de la Compagnie Westinghouse 3,41.

Les équipements système Sprague appliqués au matériel roulant du chemin de fer métropolitain, sont du type R. 1.

L'équipement électrique est renfermé tout entier dans la loge métallique placée à l'avant de la motrice ; il comprend :

- Un manipulateur (fig. 125).
- Un tableau des relais (fig. 126).
- Deux rupteurs (fig. 127).
- Un inverseur (fig. 128).
- Un contrôleur (fig. 129).
- Un tableau principal (fig. 130).
- Un rhéostat (fig. 131).

Disposition des appareils dans la loge. — Le manipulateur est placé dans la partie avant droite, à proximité du frein à air et du frein à main.

Les rupteurs, inverseur et contrôleur sont groupés dans la

partie gauche de la loge, et disposés de façon à en rendre les divers organes accessibles. C'est ce côté de la loge que représente la figure 132 — on aperçoit : à gauche, le tableau des relais au-dessous duquel est placé l'inverseur ; en face, le contrôleur,

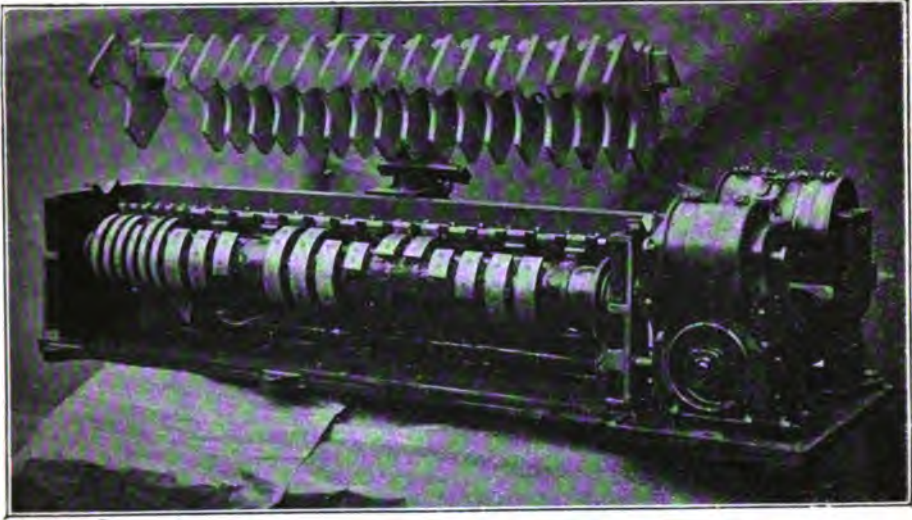


Fig. 12J. — Contrôleur.

surmonté des deux rupteurs ; à droite, le tableau principal de traction. Au-dessous de l'inverseur figurent les résistances du circuit de commande (fig. 133).

Les boîtes de résistances composant le rhéostat de démarrage sont suspendues au plafond de la voiture au-dessus des appareils ; leur refroidissement est assuré par l'air traversant les tôles perforées qui constituent la partie supérieure de la loge et qu'on voit à la partie supérieure de la figure 132.

Au point de vue du montage des équipements, ces motrices présentent trois dispositions nouvelles :

1° On a généralisé d'une façon absolue l'emploi d'enveloppes incombustibles et de tubes métalliques pour le câblage : tous les câbles sont constitués par une âme de cuivre recouverte, en plus de l'isolement habituel, d'une gaine d'amiante feutré absolument incombustible et suffisamment imperméable pour qu'un câble puisse être fondu sans que le caoutchouc produise de flamme à

à l'extérieur. De plus, tous ces câbles sont enfermés dans des tubes en fer jusqu'à leur arrivée, soit aux appareils, soit aux tableaux.

2° On a complètement supprimé les connexions derrière les

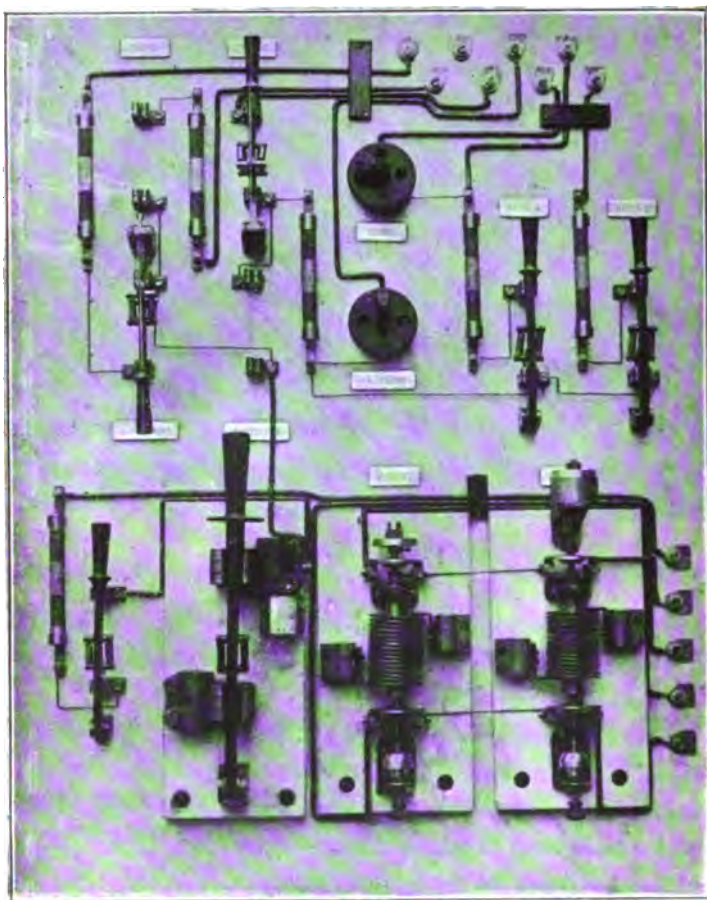
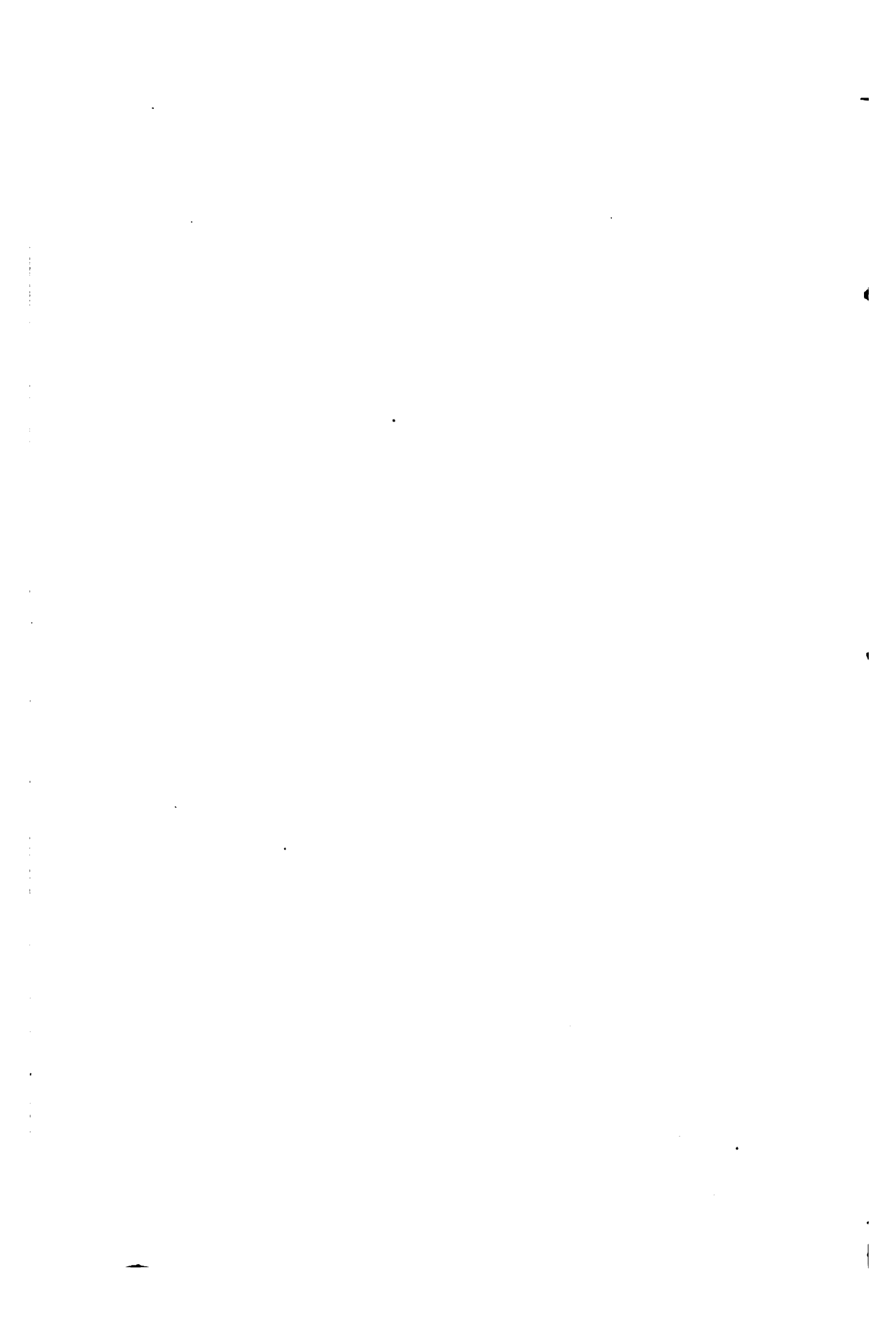


Fig. 130. — Tableau principal de traction.

tableaux : toutes sont en avant, et les départs de fils sont ramenés à des bornes rassemblées sur les bords des tableaux de telle sorte que toute recherche d'avaries ou d'erreurs de connexion peut se faire sans aucun démontage (fig. 130 et 132). Si l'élégance y perd un peu, la sécurité et la commodité y gagnent sensiblement.

3° Enfin tous les appareils traversés par des courants intenses

HEM



sont réunis sur un seul tableau, situé à l'avant gauche de la loge et qui porte : en haut, les interrupteurs et fusibles de lumière et de compresseur, en bas l'interrupteur Sprague de la commande, l'interrupteur principal de traction, les régulateurs disjoncteurs parcourus par le courant moteur et le fusible de traction type Noark.

Fonctionnement. — Au point de vue du fonctionnement, l'équipement Sprague type R. 1, comporte une commande exclusivement électrique, et à deux degrés, dont les circuits sont absolument séparés.

Le manipulateur est affecté à la commande primaire seule. Les rupteurs, le contrôleur et l'inverseur ne reçoivent que les circuits secondaires. Le tableau des relais, enfin, établit les relations entre ces deux commandes, qui n'ont que la terre comme point électrique commun.

Manipulateur. — Le manipulateur est un contrôleur de dimensions très restreintes, destiné à envoyer les courants de commande dans divers fils parcourant le train (fig. 125).

Il peut occuper huit positions : quatre pour la marche AV, trois pour la marche AR et une position neutre OO. Une position M correspond à la marche ralentie, S à la demi-vitesse et P à la pleine vitesse.

Il est muni d'une poignée avec bouton à pression permettant de franchir les butées d'arrêt qui marquent les diverses positions.

Un ressort rappelle à O la poignée dès qu'elle est abandonnée à une position quelconque ; tous les appareils de toutes les voitures sont alors ramenés automatiquement à la position ouverte et par suite le courant est coupé.

Tableau des relais (fig. 126). — Les relais sont réunis sur un tableau en marbre ; ils sont au nombre de cinq, deux pour la commande de l'inverseur (AV et AR) un pour la commande des rupteurs (Q) deux pour la commande des contrôleurs (M manœuvre — N série — M. N parallèle).

Sur ce tableau ont été également groupés les fusibles de protection, et les deux interrupteurs d'isolement. L'interrupteur 0, 8, 2, 4, 6 (train) sépare un équipement de la ligne générale de

commande primaire. L'interrupteur 20, 18, 12, 14, 16, (voiture) sépare l'équipement du manipulateur. Grâce à eux, on peut conduire une motrice quelconque, d'un poste quelconque.

En cas d'avarie d'une motrice, il suffit d'ouvrir l'interrupteur voiture pour qu'elle soit isolée.

Rupteurs (fig. 127). — Les rupteurs ont pour rôle spécial la rupture du courant de traction. Cependant dans le cas où ils ne fonctionneraient pas, le contrôleur, grâce à un soufflage magnétique puissant, suffirait à effectuer cette rupture.

Les rupteurs peuvent occuper deux positions : ouverte ou fermée. Ils sont commandés par quatre solénoïdes montés en série. Ils comportent, outre le bras principal, une tige verticale portant les plateaux qui établissent les circuits de commande.

Inverseur (fig. 128). — L'inverseur est à deux pistons : Avant ou Arrière. Il n'a pas de point neutre. Il est amené et maintenu en position par deux solénoïdes.

Contrôleur (fig. 129). — Le contrôleur a douze positions, dans chacune desquelles il est maintenu par une roue à encoches et un galet. La rotation du cylindre est produite par un servo-moteur série à induit shunté. Le servo-moteur, démultiplié par une vis sans fin, bande au démarrage un ressort dont l'autre extrémité porte sur un ergot de la roue à encoches. Lorsque la compression est suffisante, le galet de calage cède, et le contrôleur échappe brusquement d'un cran sous la détente du ressort d'entraînement.

L'excitation du servo-moteur est composée de deux bobines enroulées en sens contraire, et le courant de l'induit parcourt l'une ou l'autre, selon les connexions réalisées à chaque instant dans les relais ou le contrôleur. Ainsi est obtenue la marche Avant ou Arrière.

Enfin, pour assurer l'arrêt instantané du servo-moteur dès que le contrôleur a atteint une position d'arrêt, un frein à mâchoires, tendues par un ressort, et desserré magnétiquement par le courant même de l'induit, cale, dès que ce courant cesse, un tambour monté en bout de l'arbre du moteur.

Schéma de fonctionnement (pl. XLV). — Courant de traction. — Le démarrage des moteurs est effectué par le couplage série

parallèle avec un passage du premier au deuxième couplage par la méthode dite du pont.

Chaque moteur est muni d'un jeu de résistances qui sont, comme les moteurs, couplées en série, puis en parallèle. Par la rotation du contrôleur, les fractions de ces résistances sont successivement court-circuitées ; puis, à la position série, le courant passe directement du moteur 1 au moteur 2 par les touches E 1, P 2. — A la position suivante, le moteur 1 trouve une terre en T et le moteur 2 une ligne L 7 à travers les résistances qui sont de nouveau court-circuitées pour arriver à la position plein parallèle.

Courants de commande. — La commande primaire se compose essentiellement d'une prise au pôle positif, qui distribue le courant, par le jeu du manipulateur, dans les bobines des cinq relais AR, AV, Q, M, N.

Le courant gagne ensuite la terre 81 à travers les résistances 22, 23, 24, 25, 81. La position Avant du manipulateur fait lever le relais AV (circuit 9, 18, 19, 22, 81), et fermer ainsi le contact 51-52. Il s'établit alors, en supposant l'inverseur en position arrière, un courant 9, 50, 51, 52, 53, 81 à travers la bobine Avant, qui met l'inverseur en position convenable ; ensuite il s'établit un courant réduit de maintien dans le même circuit, mais passant de 9 à 50' à travers une résistance.

La position M du manipulateur fait ensuite lever les relais Q et M (9, 10, 12, 13, 23, 81 et 9, 11, 14, 15, 25, 81). Le relais Q permet le fonctionnement des rupteurs par l'établissement du circuit 9-60 (inverseurs en position Avant), 60-68 (relais AV.), 68, 69, 70 (relais Q), 70-71 (fusibles), 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77 (bobines de rupteurs), et enfin terre 77-81 par les touches du contrôleur en position O. Si le contrôleur n'était pas à cette position, les rupteurs ne pourraient se fermer. Mais, dès qu'ils ont agi, ils se donnent une terre, par leurs plateaux 77, 78, 79, 80, 81. La terre du contrôleur 77-81 pourra donc disparaître lorsque celui-ci tournera ; les rupteurs resteront enclanchés.

Le circuit L1, L2, 9, 26, 27, 28, qui conduit au servo-moteur se bifurque en 31-32 (excitation Avant ou de virage) ou 31-33 (excitation de dévirage.)

De 32, le courant gagne le balai 32 du contrôleur et, par les touches reliées ensemble, il est mis en communication avec 36,



Fig. 131. — Rhéostat.

37, 38. Le balai 36 seul conduit à la terre quand le relais M est levé par le circuit 36, 39 (N baissé), 42, 43, 44, 45, 46 (rupteurs



Fig. 133. — Résistances du circuit de commande.

levés), 46, 47, 48 (régulateurs baissés), 48-81 à travers la bobine du frein qui se desserre.

Lorsque le contrôleur est arrivé en position Manœuvre, ce cir-

cuit est interrompu sur la touche du cylindre correspondant à 36. Mais si le manipulateur passe en série, le relais M retombe, le relais N se lève (9, 18, 11, 16, 17, 24, 81) et c'est le circuit 37, 40, 42, etc., qui permet au servo-moteur de continuer à tourner. Enfin, en parallèle, M et N sont levés et le circuit 38, 41, 42, etc., conduit le contrôleur en dernière touche.

A tout moment, sauf au zéro, le circuit de dévirage 31-33 est relié au balai 34.

Par 34-48, de l'un quelconque des rupteurs retombés, ou encore du relais Q baissé, ce circuit est fermé à travers la bobine du frein et permet le retour à zéro du contrôleur.

Ainsi par le jeu des relais et du servo-moteur, le contrôleur reproduit fidèlement tous les mouvements du manipulateur. La rotation est assez rapide, car il ne met que quatre secondes pour aller à vide, du zéro à la dernière touche de parallèle ou en revenir. Mais en charge, il est nécessaire de ralentir sa marche pour maintenir dans les moteurs une intensité acceptable.

C'est là le but des régulateurs disjoncteurs. Ces appareils ne sont autres que deux solénoïdes parcourus chacun par le courant d'un des moteurs, réglés pour se lever à chaque pointe d'intensité et retomber lorsque le courant est redevenu inférieur à une valeur donnée. La levée du régulateur supprime les contacts 46, 47, 48 du circuit Avant du servo-moteur dont le mouvement est alors suspendu jusqu'à la retombée des régulateurs. Le servo-moteur repart alors, et fait avancer d'un nouveau cran le cylindre du contrôleur, ce qui entraîne la même suspension, et ainsi de suite.

La vitesse de démarrage dépend par conséquent essentiellement des conditions : charge du train, déclivité de la voie, état particulier des moteurs, réalisées à chaque moment et *pour chaque voiture* qui démarre pour son compte, sans être électriquement influencées par les conditions différentes où peuvent se trouver les autres motrices.

Si, pour une cause quelconque, le courant moteur devient excessif, il exagère la levée des régulateurs qui coupent alors le circuit des bobines de rupteurs en 71-72 et 72-73. Les rupteurs coupent le courant, l'ensemble agissant comme un disjoncteur automatique.

En résumé les principales caractéristiques du système Sprague sont les suivantes :

1° Intensité négligeable des circuits primaires dont chacun n'actionne qu'un relais sur chaque motrice et qui sont tous au potentiel de la ligne (condition qui réduit au minimum les chances de court-circuit entre fils dans la ligne de train).

2° Enclenchements automatiques des divers appareils : inverseur ne fonctionnant que si le relais inactif est réellement baissé ; rupteurs ne se levant que si l'inverseur est d'accord avec son relais et le contrôleur au zéro ; contrôleur ne tournant que si les rupteurs sont levés ; retour à zéro, même en charge, par cinq chemins 34-48 différents et indépendants du régulateur.

3° Disjoncteurs sur chaque moteur et, par suite, réglables par l'intensité d'un seul moteur et non pour le débit total en parallèle.

4° Automaticité individuelle du démarrage sur chaque motrice, ce qui assure en même temps, par la répartition des variations d'intensité, un démarrage sans à-coup et une importance moins grande des pointes dans la courbe de l'intensité totale absorbée par le train.

Ajoutons que le matériel roulant du Métropolitain, à quelque système qu'il appartienne, est très robuste ; il est visité aux ateliers suivant un roulement tel que tous les trois jours les trains se rendent au service d'entretien qui passe une inspection détaillée de tous les organes, les nettoie et, si besoin est, les répare.

Lorsqu'on constate un défaut ou une avarie trop importante pour être réparée par le personnel de l'Entretien, la voiture est envoyée à l'atelier de grande réparation dépendant du dépôt de Saint-Fargeau.

VI. — ACCÈS AUX STATIONS

a. DISPOSITIONS GÉNÉRALES. — Toutes les stations de la ligne du boulevard de Courcelles à Ménilmontant sont souterraines. Cinq d'entre elles : « Gare Saint-Lazare », « Opéra », « Boulevard de Sébastopol-Rue Réaumur », « Place de la République » et « Père-Lachaise » sont des stations d'échange : la première, avec les lignes de l'Ouest ; la seconde avec les lignes métropolitaines

n° 7 et 8 ; la troisième avec la ligne n° 4 ; la quatrième avec la ligne n° 5, et la cinquième avec la ligne circulaire n° 2 Nord ; leurs accès ont reçu, en conséquence, un plus grand développement, et un paragraphe spécial leur est consacré plus loin. Pour les autres, les dispositions générales sont analogues à celles qui ont été adoptées sur les lignes précédentes.

Un escalier prenant son point de départ sur la voie publique mène à une salle où sont installés les guichets de change et de distribution des billets ; cette salle communique, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un couloir, avec deux escaliers qui conduisent aux quais de la station. La pénétration des escaliers dans la station se fait en général à l'une des extrémités des quais, dans le mur pignon ; toutefois, aux stations « Place de l'Europe » et « Arts-et-Métiers », les escaliers pénètrent dans la station en traversant le piédroit.

L'ensemble de l'installation est, bien entendu, souterraine.

L'escalier partant de la voie publique a 3,30 m. de largeur, sauf à la station « La Bourse » où cette largeur a été portée à 4,50 m. en raison du trafic important que cette station sera appelée à desservir.

Les dimensions de la salle de distribution varient avec les conditions locales, mais l'une d'elles est toujours au moins égale à 8,50 m. de façon à assurer des dégagements convenables autour des guichets de change et de distribution des billets qui sont juxtaposés et qui couvrent une surface rectangulaire de 6 mètres de longueur sur 2,50 m. de largeur. Le couloir a 3 mètres de largeur. Les escaliers d'accès aux quais ont 2,75 m. de largeur. Les marches des escaliers ont 0,46 m. de hauteur et 0,30 m. de largeur.

Les maçonneries ont été exécutées dans les mêmes conditions que celles du souterrain de la ligne métropolitaine, en meulière ou en béton avec mortier de ciment.

Les marches et contre-marches ont été établies en mortier de ciment de Portland, dosé à 1200 kilogrammes pour 1 mètre cube de sable de Loire tamisé ; les marches sont recouvertes d'une armature de plomb dite couvre-marche Mason.

Les planchers des salles de distribution des billets et des couloirs ont été revêtus d'un dallage de 0,02 m. en « granit-asphalte » de la Société française de l'asphalte armé. Nous ne décrirons pas ce

produit qui bien qu'encore nouveau commence à être suffisamment connu ; nous nous bornerons à indiquer ici qu'il est formé d'une pâte spéciale résultant de l'incorporation méthodique, à haute température, dans un mélange dosé d'asphalte et de bitume, de matières minérales spécialement préparées pour cet objet et dont la principale est le granit à divers états de division, depuis le gravier jusqu'à la poussière fine. Ce revêtement présente une surface assez rugueuse pour s'opposer au glissement ; quant à sa résistance à l'usure, il faut attendre le résultat de l'essai ainsi fait.

Sur les parois verticales des salles, couloirs et escaliers, a été appliqué un revêtement identique à celui adopté pour les stations elles-mêmes, savoir :

1° Pour les stations « Place de l'Europe », « Gare Saint-Lazare », « Rue Caumartin », « Opéra », « Rue du Quatre-Septembre », « La Bourse », « Rue du Sentier » et « Boulevard de Sébastopol-Rue Réaumur », carreaux des grès cérame émaillés en blanc, fournis par les usines de Gien.

2° Pour les stations « Arts-et-Métiers », « Rue du Temple », « Place de la République », « Avenue Parmentier », « Rue Saint-Maur », « Place Martin-Nadaud » et « Place Gambetta », carreaux céramiques émaillés en blanc de la maison Boulenger, de Choisy-le-Roi.

Une plinthe en grès cérame est établie à la base du revêtement et une moulure en céramique, formant corniche, à la partie supérieure. Les douelles des voûtes et les plafonds sont couverts d'un enduit régulier.

La situation des salles de distribution de billets, par rapport aux stations, varie suivant les conditions locales ; en général, on a dû les placer latéralement au souterrain. A la station « Place Martin-Nadaud » seulement, la salle est établie au-dessus du souterrain. Le plus souvent, les salles se trouvent situées sous chaussées ; ce n'est qu'aux stations « La Bourse » et « Avenue Parmentier » qu'on a pu les établir sous un terre-plein.

La couverture des salles de distribution est constituée par un plancher métallique avec voûtelettes en briques ou hourdis en béton armé, sauf à la station « Avenue Parmentier » où elle est formée d'un plancher en béton armé.

La hauteur des salles de distribution varie suivant les positions respectives du souterrain et de la voie publique. Elle est, en général, au moins égale à 2,20 m. ; toutefois, à la station « Rue du Quatre-Septembre », cette hauteur s'abaisse à 2,15 m. sous les poutres principales de la couverture métallique.

Le couloir qui relie la salle de distribution aux escaliers conduisant aux quais a aussi des dispositions variables suivant les cas. Ce couloir est en général constitué par une passerelle jetée sur le souterrain et du même type que celles qui sont établies sur les lignes en exploitation, c'est-à-dire formée de montants verticaux s'appuyant sur la voûte et réunis à leurs parties inférieures par des entretoises et par des longerons entre lesquels se placent des dalles en béton armé ; elles sont alors recouvertes d'un plancher métallique. Toutefois, à la station « Place de l'Europe », le couloir est constitué par une galerie maçonnée et voûtée passant au-dessus de la station. Aux deux stations « Avenue Parmentier » et « Rue Saint-Maur », le couloir est formé par une galerie maçonnée et voûtée avec plancher en béton armé coupant le souterrain ; sous la galerie, celui-ci est à parements verticaux, comme dans les tranchées. Enfin à la station « Place Martin-Nadaud », le couloir ne constitue en réalité qu'un épanouissement de la salle de distribution des billets, et il est couvert par un tablier métallique.

b. DISPOSITIONS SPÉCIALES. — *Station « Gare Saint-Lazare »*. — La station « Gare Saint-Lazare » (voir plan, fig. 134) est une station d'échange avec les lignes de l'Ouest.

L'escalier d'accès qui prend naissance sur le trottoir de la cour de Rome, à l'intérieur des grilles de la gare Saint-Lazare, a 4 mètres de largeur ; il conduit à la salle de distribution des billets, placée latéralement au souterrain, partie sous le trottoir de la cour de Rome et partie sous le trottoir de la rue de Rome. Cette salle mesure 14,50 m. suivant l'axe du tracé sur 11,30 m. dans le sens transversal ; sa hauteur est de 2,80 m. ; au fond de cette salle, prend naissance l'escalier qui mène au quai de la direction boulevard de Courcelles, et dont la largeur est de 1,75 m. La sortie, pour cette direction, se fait par un couloir de 1,75 m. de largeur, d'abord juxtaposé à l'escalier précédent, qui conduit, après

un retour d'équerre, à un second escalier placé le long du mur de fond de la salle. Sur le flanc droit de la salle, et vers l'extrémité, s'ouvre une passerelle de 4 mètres de largeur, qui conduit à un escalier de 3,50 m de largeur aboutissant au quai de la direction Ménilmontant et qui dessert à la fois l'entrée et la sortie de cette direction. En face, sur le flanc gauche de la salle, se trouve l'origine d'une galerie placée d'abord latéralement à la salle, puis se retournant à angle obtus, qui établit la communication entre la station métropolitaine et la gare Saint-Lazare. En prolongement de cette galerie, et dans la direction opposée, se développe un couloir de 2 mètres de largeur qui mène à un escalier de même largeur débouchant au jour sur le trottoir de la rue Saint-Lazare, à l'angle de la rue de Rome et contre la grille de la cour de Rome. La galerie d'intercommunication entre la station métropolitaine et la gare Saint-Lazare a 4 mètres de largeur dans la partie où elle longe la salle de distribution des billets, puis 5 mètres après son changement de direction. En ce point, la galerie est directement en communication avec la salle de distribution des billets de la station métropolitaine par un couloir de 2 mètres de largeur qui passe sous l'escalier d'accès principal.

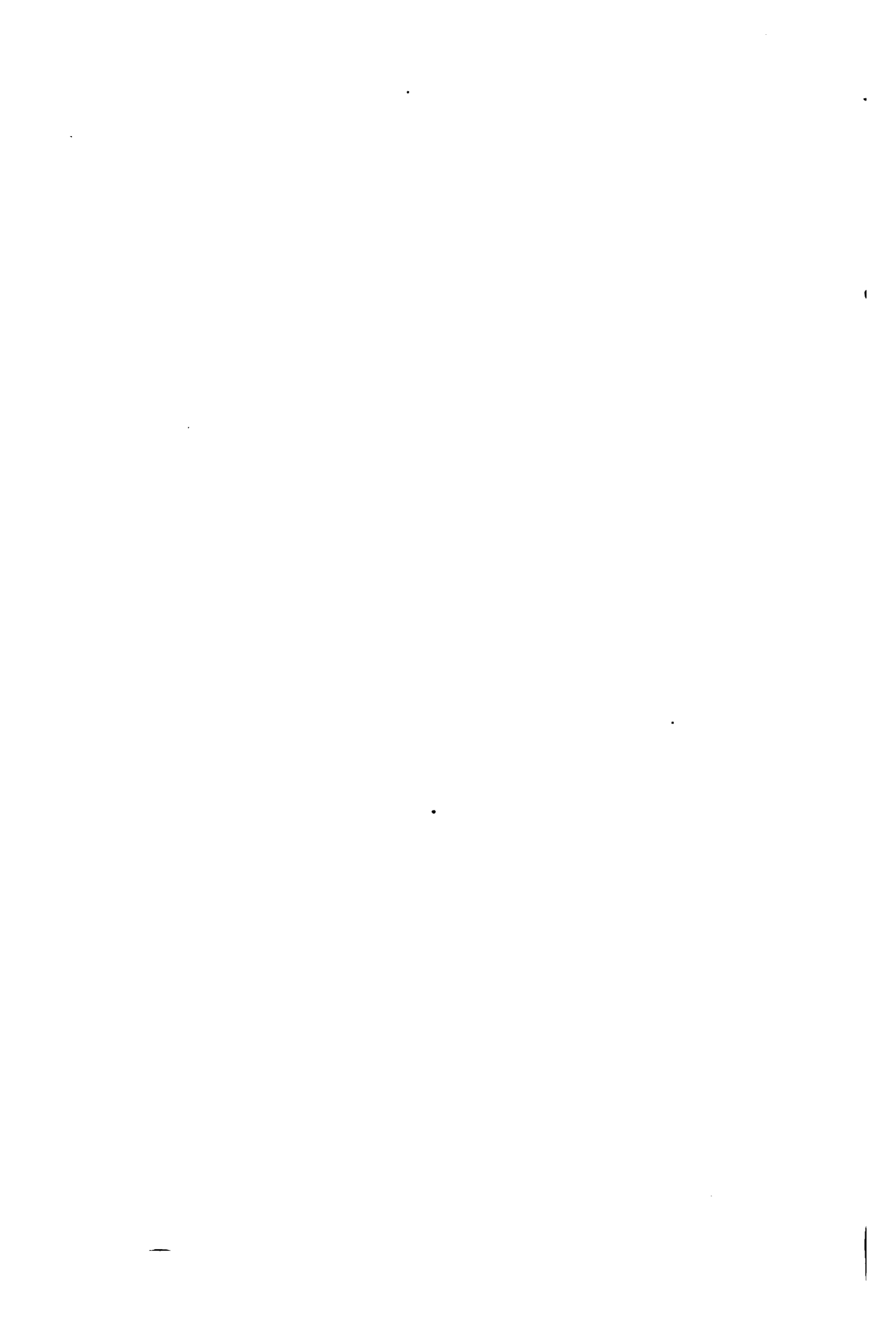
Le mode de construction a été le même que pour les autres stations de la ligne. La couverture de la salle de distribution est en béton armé ; la passerelle est du même type que celles qui sont établies sur les lignes en exploitation ; elle est recouverte d'un plancher métallique.

Station « Opéra ». — La station Opéra (voir fig. 135 et 1 à 6, pl. XLVI) est une station d'échange avec les lignes métropolitaines n° 7, du Palais-Royal à la place du Danube, et n° 8, d'Auteuil à l'Opéra par Grenelle.

Les accès ont été étudiés de manière à desservir le groupe des trois stations ; mais, en même temps que la ligne n° 3, on n'a exécuté que les ouvrages nécessaires au service de la station de cette ligne ; toutefois, on a construit ces ouvrages de manière à éviter des reprises en sous-œuvre lors de l'établissement des accès aux stations des deux autres lignes.

L'escalier d'accès, qui prend naissance sur le terre-plein cen-

HEM



tral de la place de l'Opéra, dans l'axe du monument, a 9 mètres de largeur. Il conduit à la salle de distribution des billets établie partie sous le terre-plein, partie sous la chaussée de la place, au-dessus du souterrain. Cette salle mesure 17,50 m. suivant l'axe du tracé, sur 18,55 m. dans le sens transversal ; sa hauteur est de 2,20 m. Le couloir est constitué par un épanouissement de la salle de distribution des billets ; de ses extrémités se détachent les deux escaliers, de 3 mètres de largeur, qui desservent les quais. Ces escaliers pénètrent dans la station, en traversant les piédroits, à une petite distance de l'extrémité côté Ménilmontant.

La salle de distribution et le couloir sont recouverts d'un tablier métallique ; le plancher est en béton armé à la traversée du souterrain, et celui-ci, sous la salle, est à parements verticaux, comme dans les tranchées.

Station « Boulevard de Sébastopol-Rue Réaumur ». — La station « Boulevard de Sébastopol-Rue Réaumur » est souterraine et constitue station d'échange avec la ligne métropolitaine n° 4. Les accès (fig. 136) ont été étudiés de manière à desservir les deux stations, mais tout d'abord on n'a exécuté que les ouvrages nécessaires au service de la station de la ligne n° 3. Toutefois, on a construit ces ouvrages de manière à éviter les reprises en sous-œuvre lors de l'établissement des accès à la station de la ligne n° 4. L'ensemble de l'installation est, bien entendu, souterrain.

L'escalier d'accès, réservé exclusivement à l'entrée des voyageurs, prend naissance sur le trottoir pair, préalablement élargi, de la rue de Palestro. Il comporte deux escaliers distincts de 1,80 m. de largeur chacun, placés en plan dans le prolongement l'un de l'autre, et qui conduisent, par un couloir commun de 3,30 m. de largeur, à la salle de distribution des billets établie sous la chaussée de la rue Réaumur, au-dessus du souterrain.

Cette salle mesure 17,20 m. suivant l'axe du tracé, sur 8 mètres dans le sens transversal ; sa hauteur est de 2,20 m. Au fond de la salle de distribution prend naissance un escalier de 4 mètres de largeur débouchant dans un couloir transversal de même largeur, à chaque extrémité duquel débouchent les deux escaliers d'accès

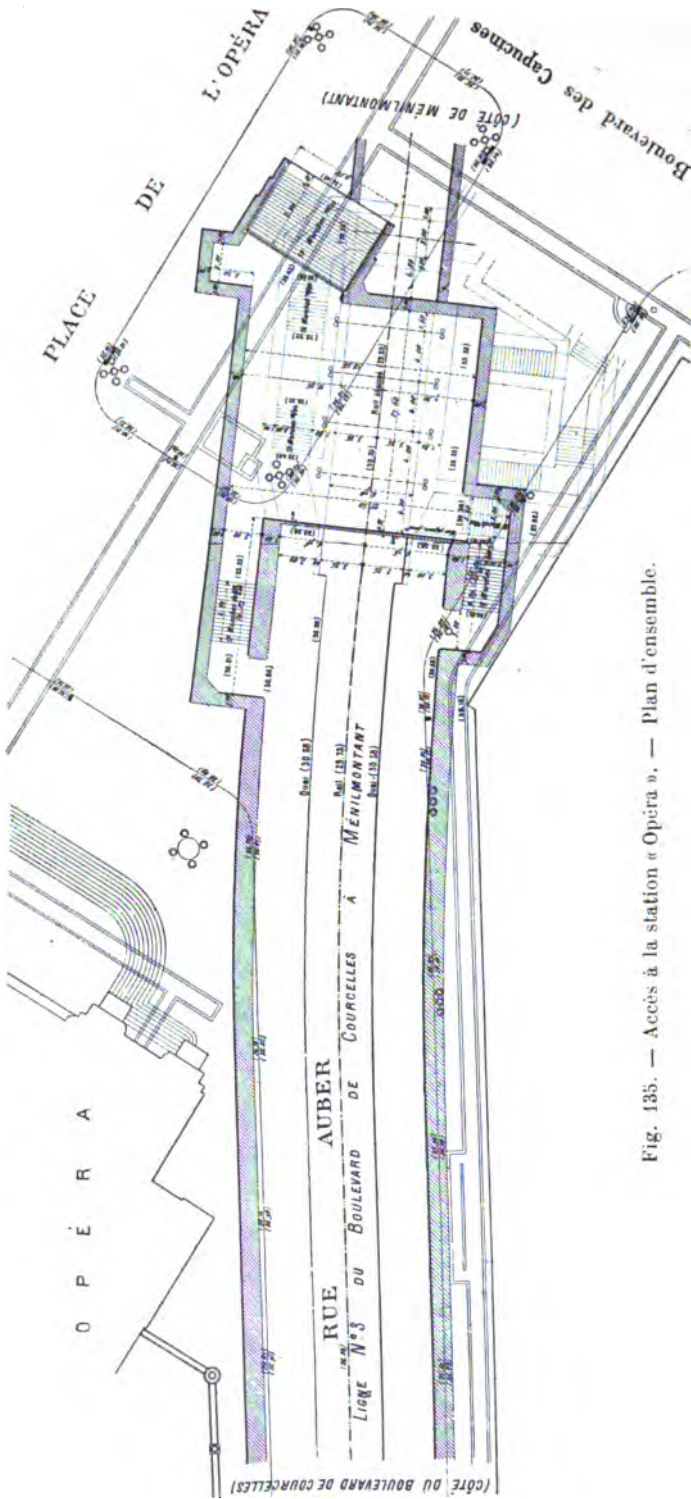


Fig. 135. — Accès à la station « Opéra ». — Plan d'ensemble.

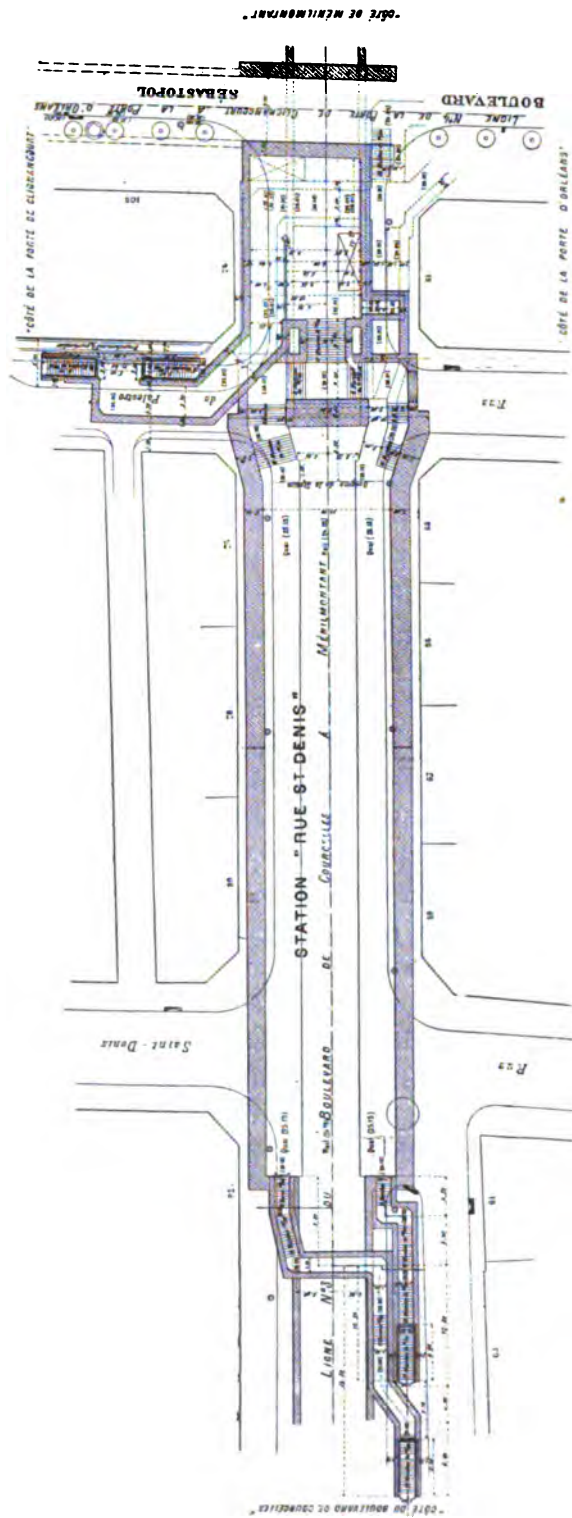


Fig. 136. — Accès à la station « Rue Saint-Denis » (aujourd'hui dénommée « Boulevard de Sébastopol-Rue Réaumur »).
Plan.

aux quais. L'un de ces escaliers, dont la largeur est de 4 mètres, est destiné à desservir en même temps que l'accès direct au quai de la direction de Courcelles les courants d'intercommunication entre ce quai et les deux quais de la station de la ligne n° 4.

L'autre escalier, dont la largeur est de 2 mètres et qui aboutit au quai de la direction de Ménilmontant, est affecté exclusivement au service de la ligne n° 3. Il sera doublé d'un couloir de 2 mètres de largeur devant servir ultérieurement au mouvement des voyageurs entre le quai de la direction de Ménilmontant et les deux quais de la station de la ligne n° 4.

Deux sorties, une pour chaque quai, ont été prévues à l'extrémité côté boulevard de Courcelles de la station et débouchent sur le terre-plein central de la rue Réaumur. La sortie qui dessert le quai de la direction du boulevard de Courcelles, comporte un escalier qui prend naissance à l'extrémité du quai de la station, et qui débouche à l'extrémité d'une passerelle de 1,50 m. de largeur franchissant le souterrain.

Cette passerelle aboutit à un couloir de 1,50 m. de largeur qui débouche par un escalier de même largeur sur le terre-plein central de la rue Réaumur. La sortie qui dessert le quai de la direction de Ménilmontant comporte un escalier de 1,50 m. de largeur qui prend naissance à l'extrémité du quai de la station et un couloir de 1,50 m. de largeur qui débouche par un escalier de même largeur sur le terre-plein central de la rue Réaumur, dans le prolongement de l'escalier de sortie du quai de la direction de Courcelles.

La couverture de la salle de distribution et du couloir qui conduit à cette salle est constituée par un plancher métallique avec voûtelettes en briques. Les couloirs d'accès aux quais et les couloirs de sortie sont constitués par des galeries entièrement maçonnées.

Sur les parois verticales des salles, couloirs et escaliers a été appliqué un revêtement émaillé identique à celui adopté pour la station elle-même; une plinthe en grès cérame a été établie à la base du revêtement et une moulure en céramique formant corniche à la partie supérieure. Les douelles des voûtes et les plafonds sont couverts d'un enduit régulier.

Station « Place de la République ». — La station « Place de la République » est une station d'échange avec la ligne métropolitaine n° 5, du boulevard de Strasbourg au pont d'Austerlitz (voir le plan fig. 137).

Les accès ont été étudiés de manière à desservir les deux stations, mais on n'a tout d'abord exécuté que les ouvrages nécessaires au service de la station de la ligne n° 3 ; toutefois, on a construit ces ouvrages de manière à éviter des reprises en sous-œuvre, lors de l'établissement des accès à la station de la ligne n° 5.

L'escalier d'accès, qui prend naissance sur le terre-plein Est de la place de la République, a 9 mètres de largeur. Il conduit à la salle de distribution des billets établie partie sous terre-plein, partie sous chaussée, latéralement au souterrain. Cette salle mesure 22,80 m. de longueur sur 13 mètres de largeur, sa hauteur est de 2,20 m. ; le couloir, de 4 mètres de largeur, prend naissance sur la face de la salle où débouche l'escalier d'accès. Il se développe parallèlement à celui-ci jusqu'au droit de la culée de la station puis, après un retour d'angle, se prolonge par une passerelle établie sur la station. De l'extrémité de la passerelle voisine du quai de la direction boulevard de Courcelles se détachent deux escaliers de 2,65 m., dirigés en sens opposé qui, après un retour d'équerre, pénètrent sur le quai de cette direction par des baies percées dans le piédroit ; ces deux escaliers servent l'un à l'entrée, l'autre à la sortie des voyageurs. A l'autre extrémité prend naissance l'escalier desservant le quai de la direction Ménilmontant, de 3 mètres de largeur, qui, après un retour d'équerre, pénètre également dans la station par une baie percée dans le piédroit.

La salle de distribution est recouverte d'un tablier métallique ; le couloir est maçonné et voûté ; la passerelle est du même type que celles qui sont établies sur les lignes en exploitation, mais elle est voûtée.

Station « Père-Lachaise ». — L'accès à la station « Père-Lachaise » se fait par les ouvrages de la station de la ligne circulaire n° 2 Nord, dont l'escalier a été porté de 3,50 m. à 5,60 m. (fig. 138). Du fond de la salle de distribution des billets de cette dernière station part

un couloir de 6 mètres de largeur, dont la direction est sensiblement parallèle à l'axe du tracé et qui aboutit à une passerelle jetée sur le souterrain. Des extrémités de cette passerelle se détachent les escaliers de 2,75 m. de largeur qui aboutissent aux quais en pénétrant dans la station par le mur pignon, côté Ménilmontant.

Le couloir est en partie voûté, en partie recouvert par un tablier métallique. La passerelle est maçonnée et voûtée, son plancher est en béton armé à la traversée du souterrain, et celui-ci, en ce point, est à parements verticaux, comme dans les tranchées.

c. Sorties supplémentaires. — Après l'accident survenu le 10 août 1903 dans la station « Rue des Couronnes », sur la ligne circulaire Nord, le Préfet de Police fit examiner par une Commission spéciale la question relative à l'amélioration des dégagements des stations ; à la suite des études de cette Commission, la Compagnie du Chemin de fer Métropolitain fut invitée à pourvoir de sorties supplémentaires un certain nombre de stations où l'intensité du trafic exigeait, pour la sécurité du public, l'établissement de moyens d'évacuation rapide.

En ce qui concerne la ligne n° 3, cette prescription fit l'objet d'un arrêté du 17 mars 1904 stipulant que dès l'ouverture à l'exploitation de la ligne n° 3 (de Courcelles à Ménilmontant), les dispositions nécessaires seraient prises dans chacune des stations « Gare Saint-Lazare », « Opéra », « La Bourse », « Rue du Sentier », « Boulevard de Sébastopol-Rue Réaumur » et « Père-Lachaise » pour que, chaque jour, pendant toute la durée du service de la ligne, l'évacuation de la station puisse à tout moment s'effectuer, pour chaque quai, au moins par deux issues complètement distinctes l'une de l'autre ; ces issues devant conduire chacune directement du quai à l'extérieur de la station sans présenter aucun obstacle au passage ni sur leur parcours, ni à leurs extrémités. Sur chaque quai, l'une de ces issues devait donner accès à la salle de distribution des billets, l'autre devant être pratiquée à l'extrémité opposée.

Dans leurs grandes lignes, les dispositions des sorties supplémentaires des stations « Opéra » (fig. 140), « La Bourse »

HEH

i



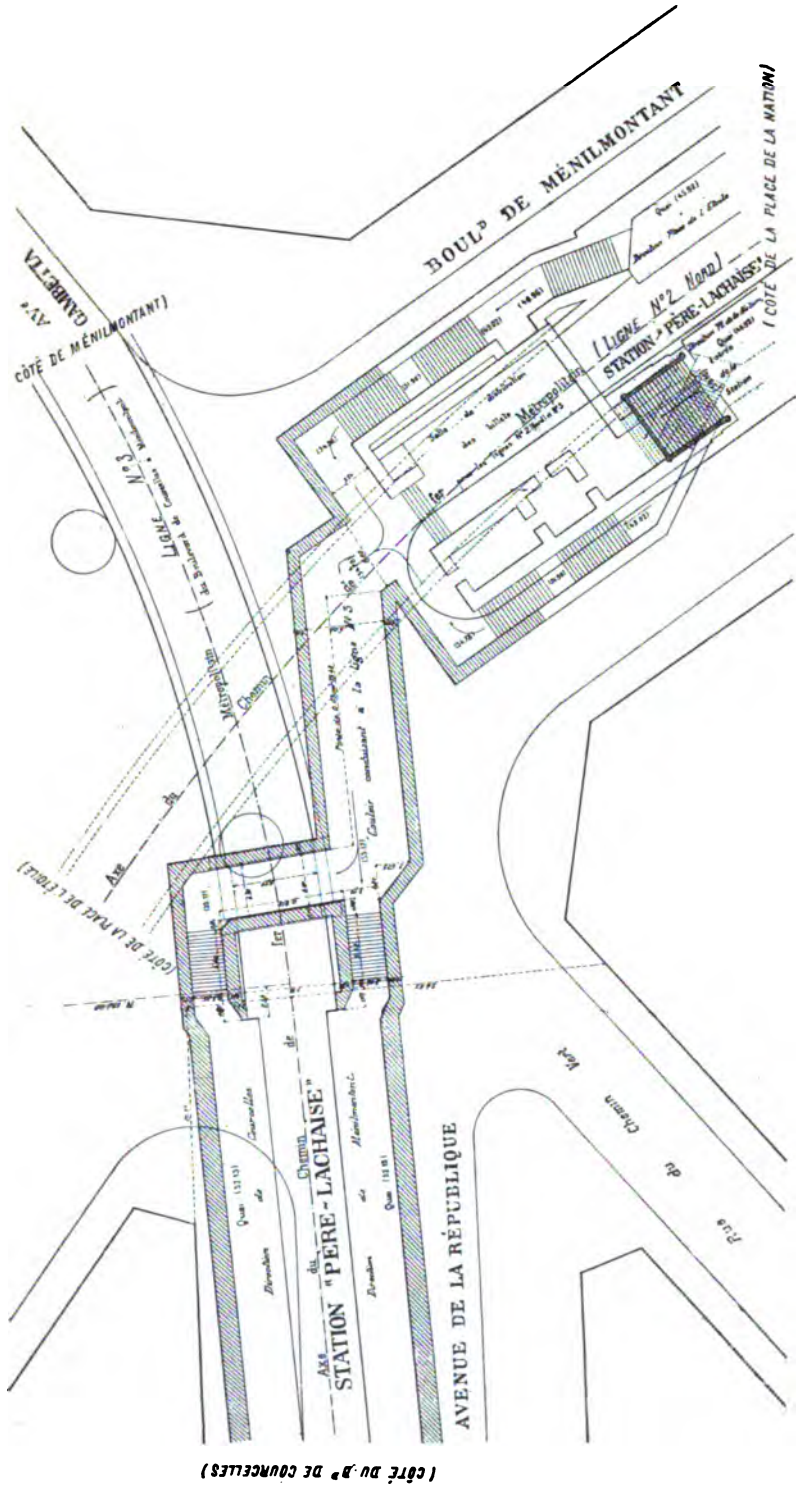
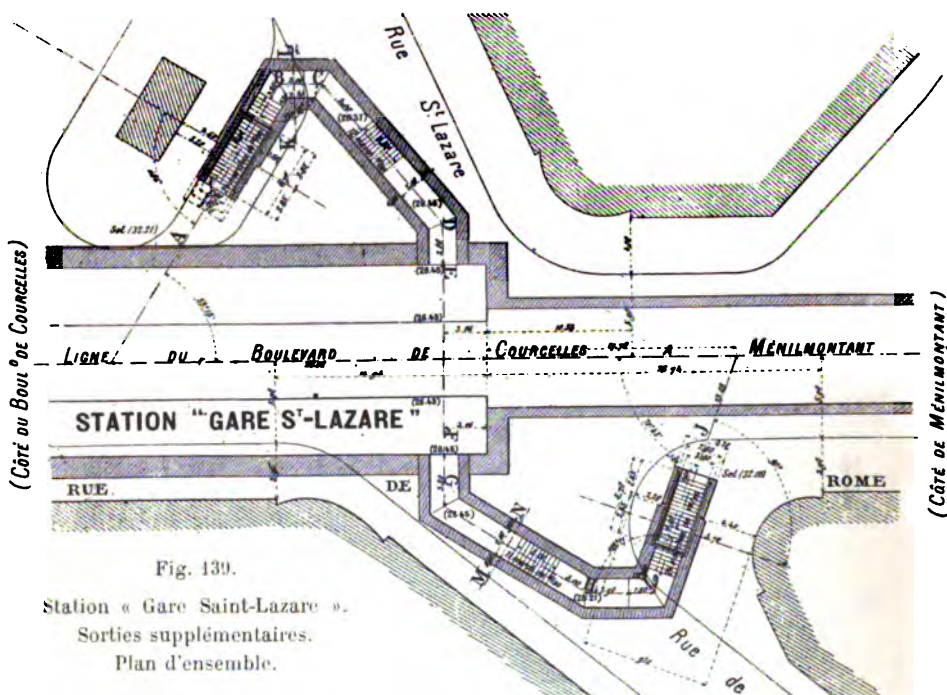


Fig. 138. — Accès à la station « Père-Lachaise ». — Plan.

(fig. 141), « Rue du Sentier » (fig. 142), et « Père-Lachaise » (fig. 143) sont analogues : un escalier part de l'extrémité de chaque quai opposée à l'accès principal, dans le mur pignon de la station ; l'un d'eux se prolonge par un couloir venant aboutir au pied de l'escalier menant au jour ; l'autre est relié au même cou-



loir par une passerelle transversale établie au-dessus du souterrain courant.

A la station « Gare Saint-Lazare » (fig. 139), ces dispositions ont dû être modifiées en raison des conditions locales : au lieu de prendre naissance au mur pignon de la station, les escaliers se détachent des piédroits, près de leurs extrémités ; la passerelle transversale est supprimée et chacun des escaliers a une issue distincte sur la voie publique.

La sortie supplémentaire de la station « Boulevard de Sébastopol-Rue Réaumur » a été établie en même temps que l'accès principal ; les indications y relatives ont été données précédemment avec plan à l'appui.

En principe, les escaliers partant des quais ont 2 mètres de largeur, ainsi que la passerelle transversale ; l'escalier menant au

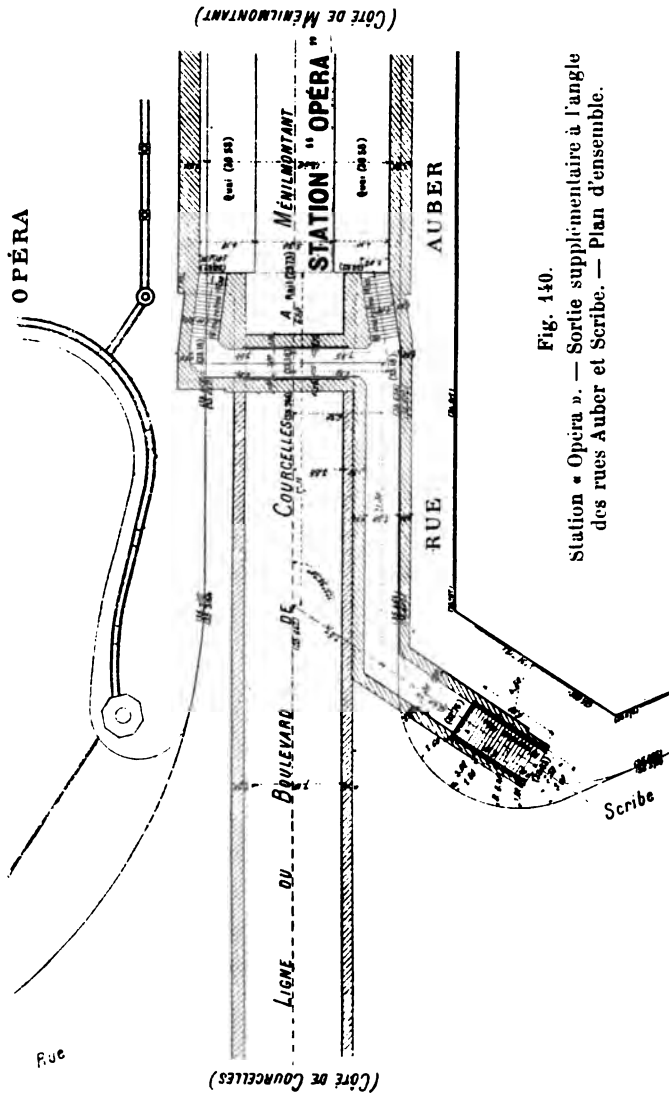


Fig. 140.

Station « Opéra ». — Sortie supplémentaire à l'angle des rues Auber et Scribe. — Plan d'ensemble.

jour mesure 2,50 m. de largeur. Toutefois, aux stations « Gare Saint-Lazare » et « Boulevard de Sébastopol-Rue Réaumur », la largeur des couloirs et escaliers a été ramenée aux chiffres respectifs de 2 mètres et 1,50 m. tandis qu'à la station « Rue du Sen-

tier » où la sortie est maintenue en service permanent, les largeurs ont été portées à 2,75 m. pour les escaliers de quais, et à 3 mètres pour la passerelle et pour l'escalier menant au jour.

Comme pour les accès principaux, les maçonneries ont été exécutées, dans les mêmes conditions que celles du souterrain



proprement dit, en meulière ou en béton avec mortier de ciment. De même, les parties métalliques devaient satisfaire aux conditions du devis et cahier des charges de la partie en viaduc de la ligne n° 2 Sud. Les planchers des couloirs, les marches et contre-marches, les parois verticales, voûtes et plafonds, ont reçu des revêtements identiques ou analogues à ceux des accès principaux.

La hauteur libre dans les couloirs, mesurée sur l'axe, atteint généralement 2,20 m. au moins; toutefois, à la station « Père-Lachaise », elle a dû être abaissée à 2,16 m. Pour les passerelles, la hauteur libre varie entre 2,10 m. à la station « Opéra » et

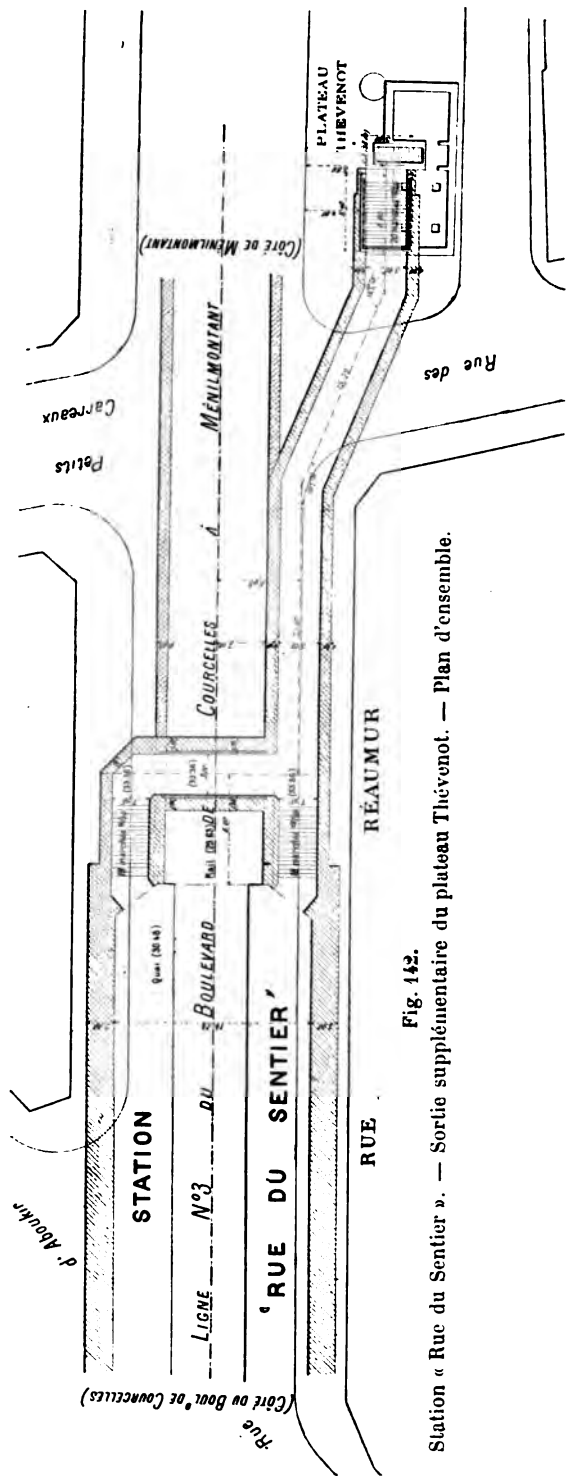
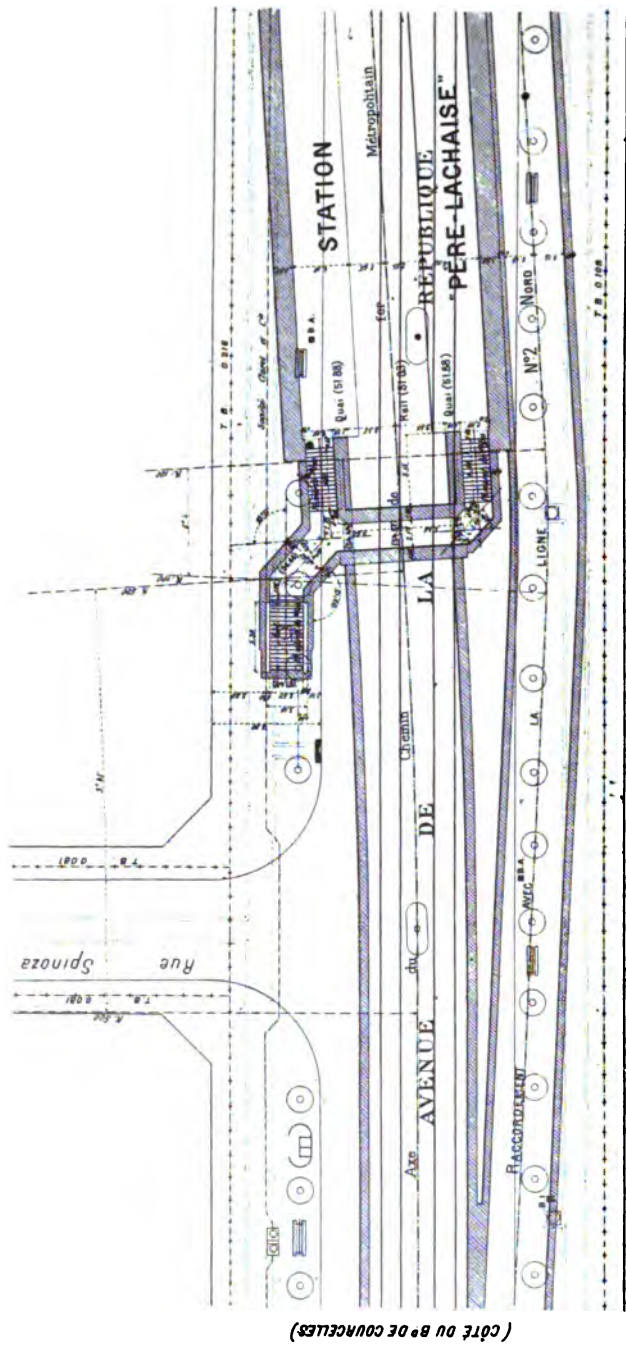


Fig. 142.

Station « Rue du Sentier ». — Sortie supplémentaire du plateau Thévenot. — Plan d'ensemble.



(côté du B° DE COURCELLES)

(côté DE MÉNILMONTANT)

Fig. 143. — Station « Père-Lachaise ». — Sortie supplémentaire Avenue de la République. — Plan d'ensemble.

2.70 m. à la station « Rue du Sentier ». Ces données sont, d'ailleurs, en relation étroite avec la position du rail de la station par rapport au niveau de la voie publique.

d. *Emplacement des accès. Entourages.* — L'emplacement des débouchés, sur la voie publique, des accès aux stations, entrées

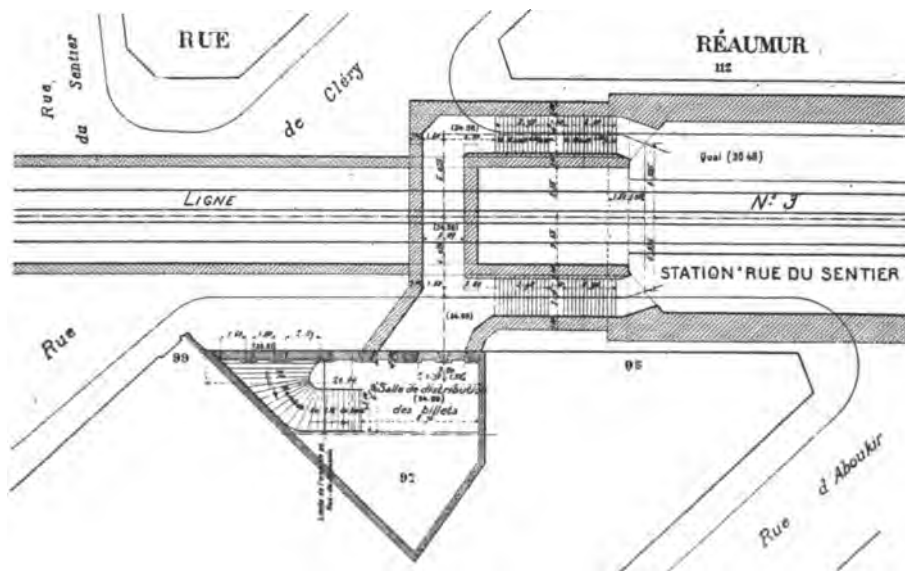


Fig. 144. — Station « Rue du Sentier ». — Accès principal. — Plan d'ensemble.

ou sorties, a été déterminé après étude attentive, par les services municipaux, des conditions locales propres à chaque station et aux besoins du trafic qu'elle était appelée à desservir.

On sait qu'aux termes de l'article 11, paragraphe 3 du cahier des charges de la concession, les emplacements des accès doivent, autant que possible, être choisis sur la voie publique. Pour la ligne n° 3, cette règle a subi quelques exceptions motivées soit par l'impossibilité de trouver sur la voie publique la place disponible, soit par de meilleures conditions résultant de la disposition même des lieux.

Dans le premier cas rentre l'accès à la station « Rue du Sentier » qui, en raison du peu de largeur du trottoir de la rue Réaumur sur ce point, a dû être établi dans l'immeuble portant sur

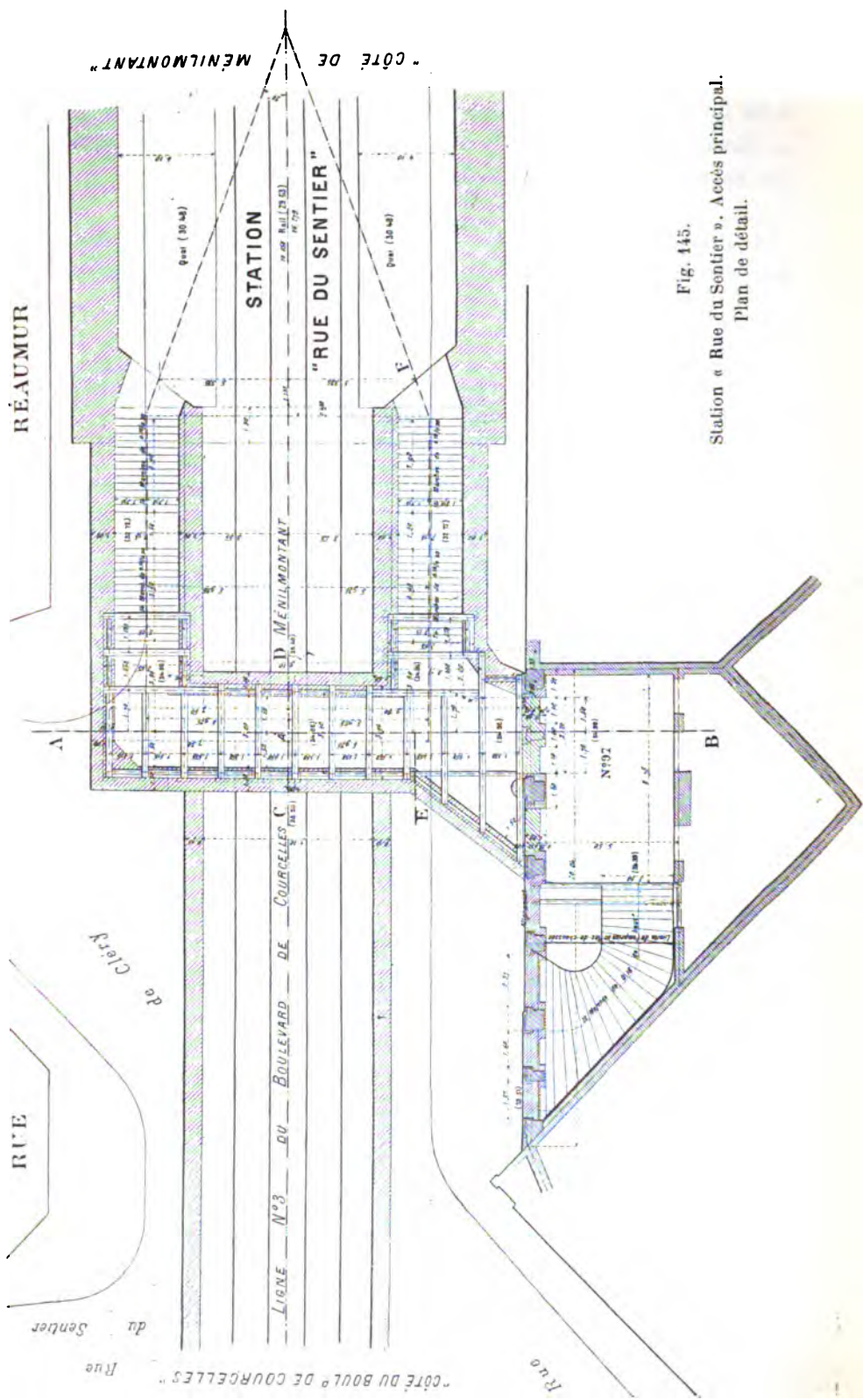


Fig. 145.

Station « Rue du Sentier ». Accès principal.
Plan de détail.

cette voie le n° 97. C'est pour les lignes en exploitation à l'heure actuelle, le seul accès de ce genre ; on conçoit que la Compagnie du Chemin de fer Métropolitain n'ait recours qu'en cas de nécessité absolue à cette solution fort onéreuse pour elle.

Les figures 144 et 145 donnent : la première, le plan d'ensemble de l'accès ainsi établi ; la seconde, le plan de détail d'aménagement de l'immeuble dans la partie occupée par l'accès. L'escalier d'accès

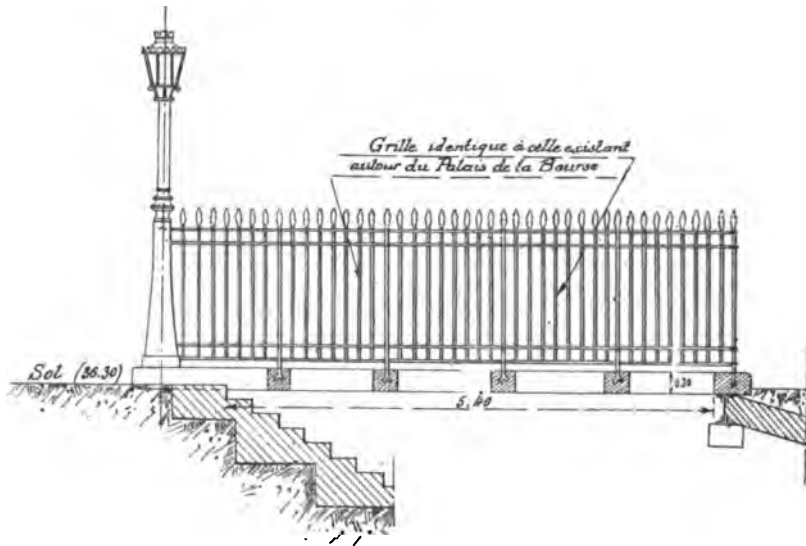


Fig. 147. — Accès à la station « La Bourse ». Coupe longitudinale.

conduit, par une seule volée de largeur variable, mais partout égale à 3,00 mètres au moins, à la salle de distribution des billets établie dans le sous-sol de l'immeuble. Cette salle mesure 8,75 m. suivant l'axe du tracé, sur 5,50 m. dans le sens transversal ; sa hauteur est de 3,22 m. Elle communique, par une pénétration ménagée dans le mur de façade de l'immeuble, avec une passerelle établie au-dessus du souterrain de la ligne, à chaque extrémité de laquelle débouchent les escaliers conduisant aux quais ; ces escaliers, d'une largeur de 2,75 m., pénètrent dans la station par le mur pignon Ouest. On a vu plus haut que la station est pourvue, à son extrémité opposée, d'une sortie supplémentaire (fig. 142).

A la station « Gare Saint-Lazare », afin d'éviter l'encombrement

du trottoir en cet endroit à circulation intense, l'entrée principale a été établie à l'intérieur de la cour de Rome ; seul, l'accès secondaire, qui sert de dégagement à l'entrée principale, a été établi, à l'extérieur de la grille du chemin de fer, sur le trottoir de la rue Saint-Lazare à l'angle de la rue de Rome.

À la station « La Bourse », l'accès a été établi sur le terre-plein, à l'intérieur de la grille qui entoure le monument. Il a été disposé de manière à interdire, le soir, l'accès du Palais tout en permettant d'accéder à la station métropolitaine. Le dispositif adopté, d'ailleurs très simple, est représenté en plan par la figure 146 ; la grille d'entourage est du modèle de la grille existante (fig. 147).

Les autres accès sont établis sur la voie publique, au mieux des circonstances locales, en utilisant soit des refuges (stations « Place de l'Europe », « Opéra », « Place de la République »), soit des plateaux plantés (stations « Place Martin-Nadaud » et « Place Gambetta »), soit enfin les trottoirs eux-mêmes.

En ce qui concerne les entourages des accès, on a employé, de façon générale, le modèle déjà usité sur les lignes en exploitation (fig. 148) comprenant un socle en pierre dure, une balustrade avec cartouches en fonte ornée, un portique avec inscription et lanternes. Les figures 149, 150 et 151 donnent le dessin géométrique de ce type d'entourage.

Les entourages des accès aux stations « Opéra » et « Place de la République », où la largeur de l'escalier atteint 9,00 mètres, ont été étudiés spécialement en vue de donner aux balustrades, d'une part, une solidité et une masse suffisantes pour résister aux poussées des grandes foules, d'autre part, un caractère esthétique en harmonie avec l'ensemble architectural dans lequel elles devaient venir se placer.

Pour la place de l'Opéra, le projet de balustrade a été dressé, sur la demande de la Compagnie du Métropolitain, par M. Cassien-Bernard, architecte du monument, et approuvé par le Préfet de la Seine après avis de M. Pascal, membre de l'Institut. Il comprend une balustrade en pierre dure de Comblanchien polie, encadrée dans un dallage en granit. Ce type a paru s'adapter avantageusement à l'escalier d'accès de la station « Place de la République »

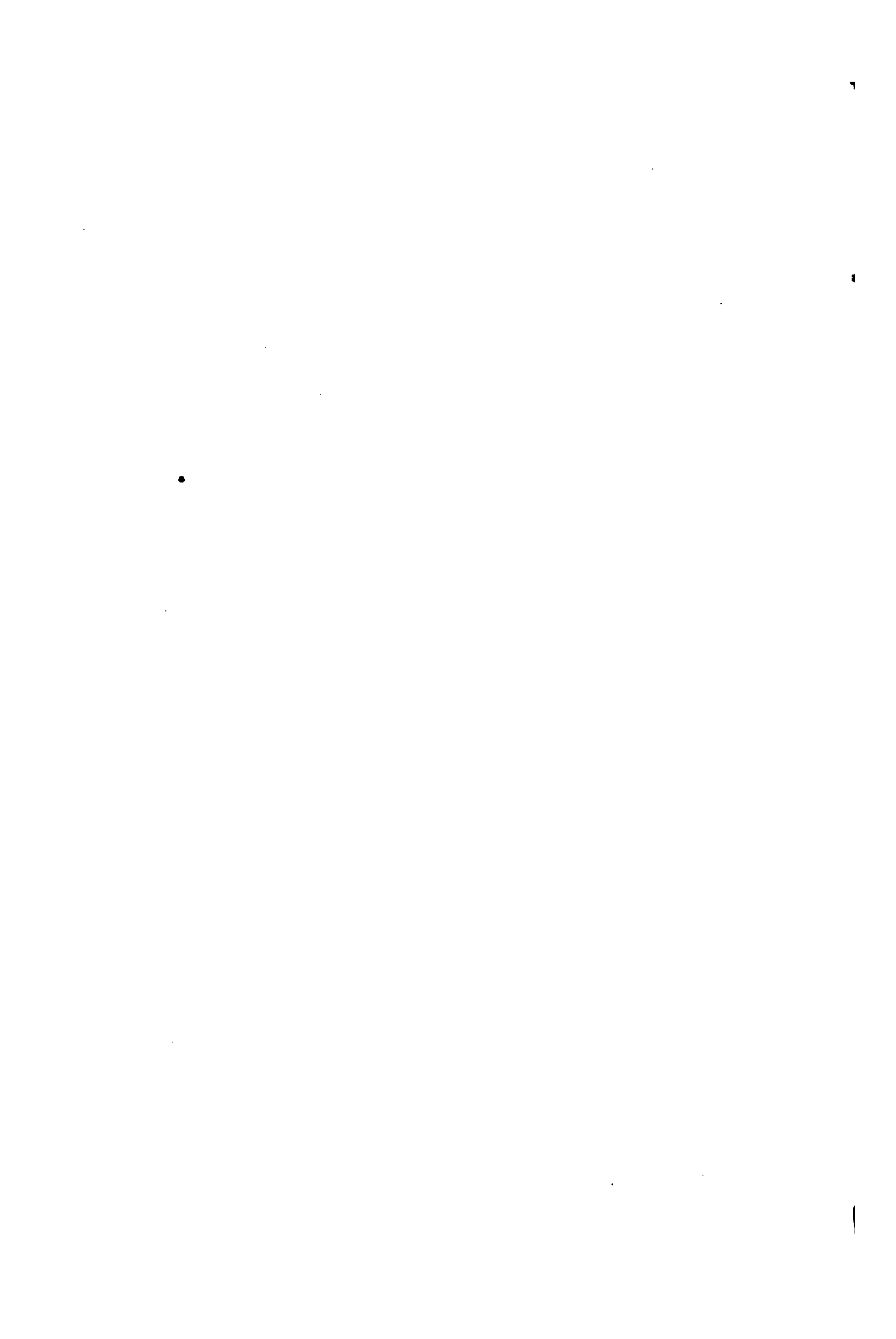
HERV



HERV



HERI



7

10

11



et y a été appliqué avec cette seule différence que la pierre de Comblanchien a été seulement égrisée et non polie. Les murs d'échiffre des escaliers ont été revêtus : place de l'Opéra, d'un placage en pierre de Comblanchien ; place de la République de carreaux en grès cérame biseautés du type employé pour les revêtements intérieurs de la station et de ses ouvrages d'accès. La photographie que nous donnons de la balustrade de la place de la République (fig. 152) montre aussi l'aspect de celle de la place de l'Opéra, la différence des pierres polie ou égrisée n'étant pas discernable par la photographie.

VII. — ÉVACUATION DES EAUX

a. *Puisards*. — On sait que la convention de concession annexée à la loi du 30 mars 1898, déclarative d'utilité publique du Chemin de fer Métropolitain, met à la charge de la Compagnie concessionnaire de l'exploitation la dépense des installations nécessaires pour assurer l'épuisement des eaux en dehors de la période de construction, par la Ville, de l'infrastructure.

Les dispositions exposées ci-après ont donc été, sur la présentation de projets dressés par les soins de la Compagnie concessionnaire, approuvées après examen par l'Administration.

En principe, deux procédés peuvent être employés pour l'évacuation des eaux du chemin de fer. Lorsqu'un égout public se trouve à proximité et à un niveau inférieur à celui du souterrain, les eaux, ramenées préalablement en des points déterminés de la ligne, sont évacuées par la simple gravité ; c'est le système le plus simple et le moins coûteux. Lorsqu'au contraire les égouts sont situés à un niveau supérieur à celui du chemin de fer, il faut tout d'abord élever les eaux par refoulement : d'où nécessité de recourir à l'emploi de pompes mues mécaniquement ou à bras d'homme, selon l'importance de l'afflux d'eau. Il s'ensuit, pour la Compagnie, une dépense d'installation plus coûteuse, sans préjudice de la dépense continue occasionnée par le fonctionnement et l'entretien des pompes et de leurs accessoires.

Il n'est donc fait emploi du deuxième système qu'en cas d'im-

possibilité de recourir au premier ; disons de suite que tel est le cas des ouvrages d'épuisement établis sur la ligne n° 3.

Ces ouvrages, au nombre de six, correspondent naturellement à autant de points bas. Le profil en long montre qu'à ce point de vue l'ensemble de la ligne peut être divisé en six tronçons que, pour la commodité des descriptions, nous grouperons en trois régions :

1° De l'origine de la ligne à l'extrémité de la station « Rue du Temple ». Cette région comporte les quatre premiers tronçons. Le premier comprend la boucle du parc Monceau et le souterrain jusqu'à l'origine de la station « Avenue de Villiers », soit une longueur de 670 mètres ; il est desservi par un puisard établi à l'origine de l'ouvrage spécial en avant de la station précitée.

Le second s'étend de l'origine de la station « Avenue de Villiers » à l'ouvrage spécial établi, place de l'Opéra, au point de croisement en plan des lignes n° 3, 7 et 8, soit une longueur de 1 863 mètres ; il est desservi par un puisard établi en avant de la station « Gare Saint-Lazare ».

Le troisième s'étend de l'ouvrage spécial de la place de l'Opéra à l'origine de la station « Rue du Sentier », soit une longueur de 1 077 mètres ; il est desservi par un puisard établi en avant de la station « Rue du Quatre-Septembre ».

Enfin, le quatrième s'étend de l'origine de la station « Rue du Sentier » à l'extrémité de la station « Rue du Temple », soit une longueur de 1 173 mètres ; il est desservi par un puisard établi à la sortie de la station « Boulevard de Sébastopol-Rue Réaumur ».

Les ouvrages destinés à permettre d'épuiser les eaux de ces quatre tronçons sont du type des ouvrages analogues exécutés sur les lignes précédentes. Ils comprennent un puisard recevant les eaux du souterrain ; celles-ci sont évacuées au moyen de pompes placées dans des chambres ménagées au-dessus des puisards et qui les refoulent dans les égouts voisins par une conduite installée dans une cheminée surmontant l'ouvrage et venant prendre jour sur la voie publique. Toutefois, l'ouvrage établi en tête de la station « Avenue de Villiers » ne comporte pas de cheminée spéciale ; on a utilisé pour l'évacuation des eaux un branchement construit pour desservir des ateliers que la Compagnie a installés sur ce point.

D'une manière générale, les emplacements des ouvrages d'épuisement ont été choisis de façon à placer les trappes qui ferment les cheminées en des points convenables de la voie publique. Ces cheminées sont munies d'échelles ou d'escaliers de visite. Les ouvrages communiquent avec le souterrain par des baies munies de portes (fig. 6 à 8, pl. XLVII).

Il semble inutile de donner une description complète de tous ces ouvrages qui ne se différencient que dans le détail des dispositions imposées par les circonstances locales inhérentes à chacun d'eux. Il suffira de décrire l'un d'eux, par exemple celui de la station « Rue du Quatre-Septembre ».

Cet ouvrage se compose (fig. 1 à 8, pl. XLVII) : 1° d'une chambre de 2 mètres de longueur, 2 mètres de largeur et 3,84 m. de hauteur sous clé, accolée au souterrain et dont le radier est établi à 1,79 m. en contre-bas du rail ; la partie située au-dessous du niveau du radier du souterrain constitue un puisard, d'une capacité de 4 mètres cubes, auquel les eaux sont amenées par un tuyau de 0,15 m. de diamètre ; la partie supérieure est séparée de la précédente par un plancher qui supporte la pompe ; 2° d'une cheminée de regard, verticale, à section carrée de 0,80 m. de côté, donnant accès de l'extérieur à la chambre de la pompe et venant déboucher sur le refuge établi au carrefour des rues de Choiseul et du Quatre-Septembre pour l'accès à la station ; 3° d'une seconde cheminée accolée à la précédente et donnant accès à un branchement construit pour l'évacuation des eaux usées de la salle de distribution des billets de la station.

Les eaux, élevées par la pompe, sont refoulées dans ce dernier branchement par une conduite logée dans la cheminée et, de là, rejetées dans l'égout public.

L'ouvrage a été exécuté entièrement en maçonnerie.

2° De l'extrémité de la station « Rue du Temple » au terminus de la place Gambetta. Cette région se subdivise en deux parties au point de vue de la collecte des eaux. La première s'étend de la station « Rue du Temple » au boulevard de Ménilmontant (passage sur la ligne n° 2 Nord) ; les eaux en sont recueillies par un puisard situé avenue de la République, près du canal Saint-Martin. La seconde s'étend du boulevard de Ménilmontant au terminus

Gambetta inclus, sauf la partie de la branche Belgrand située au delà de la rue de la Chine ; les eaux, ramenées vers le boulevard de Ménilmontant, sont conduites par une canalisation spéciale dans le puisard établi, pour desservir la ligne n° 2 Nord, en avant de la station « Avenue de la République »¹.

Le puisard du canal Saint-Martin, desservant la première partie, comme il est dit ci-dessus, comporte, au point bas du radier du souterrain : 1° une sorte de puisard formé d'une double rigole composée de deux parties de 2 mètres de longueur chacune séparées par une butée de 2 mètres (fig. 9 à 11, pl. XLVII) ; 2° d'une chambre des pompes de 2,78 m. de longueur, 2 mètres de largeur et 2 mètres de hauteur sous clé ; 3° d'un regard de descente de 0,80 m. de largeur donnant accès à la chambre des pompes et débouchant sur le trottoir pair de l'avenue de la République, près du boulevard Richard-Lenoir.

Le tuyau d'évacuation est logé dans le regard de descente, puis dans l'égout de l'avenue de la République jusqu'à son débouché dans l'égout du boulevard Richard-Lenoir. A partir de ce point, le tuyau est placé dans un branchement spécial et débouche, après avoir traversé la voûte du canal Saint-Martin, dans un petit puisard cubique de 0,80 m. de côté établi sous le chemin de halage du canal, près de la retombée de la voûte ; une conduite de 0,25 m. de diamètre, dont l'extrémité ne fait aucune saillie sur le parement du mur de quai, fait écouler les eaux de ce puisard dans le bief du canal ; la figure 11 donne le détail de ce dispositif particulier.

Le régime de l'épuisement en ce point a conduit la Compagnie concessionnaire à compléter comme il va être expliqué les dispositions ci-dessus décrites.

En premier lieu, l'abondance prévue des eaux devait exiger une mise en marche fréquente et une surveillance permanente des appareils mécaniques. De plus, la chambre des pompes, située à grande profondeur, ne devait pas être accessible du souterrain parce qu'il eût été imprudent de pratiquer une ouverture importante dans une voûte que baigne la nappe d'eau en contre-bas du canal et l'on devait se borner à laisser subsister l'orifice strictement

nécessaire pour le passage du tuyau d'aspiration. Il résultait de là que le personnel préposé au fonctionnement des pompes devait être appelé, d'une part, à tenir fréquemment ouvert le regard d'accès pratiqué sur le trottoir de l'avenue de la République et, d'autre part, à descendre dans un local étroit et profond où l'aération ne pouvait se faire naturellement.

La Compagnie proposa donc d'installer, sur le débouché de la cheminée, au lieu d'un simple tampon, un édicule devant rendre la ventilation constante et devant permettre de laisser l'orifice du puits ouvert en permanence; il devait, en outre, constituer une protection plus sûre qu'un entourage volant autour de l'orifice.

L'édicule, accepté par l'Administration, présente une forme octogonale en plan d'un diamètre de 1,40 m., et une hauteur de 5,80 m.; il se compose d'une ossature en fer, avec panneaux inférieurs pleins en chêne et sapin, châssis grillagés à la partie supérieure, et couronnement en zinc estampé.

Les figures 153 et 154 donnent la vue de l'édicule en élévation et sa disposition en plan.

3^e Branche de la rue Belgrand.
Ce dernier tronçon est desservi

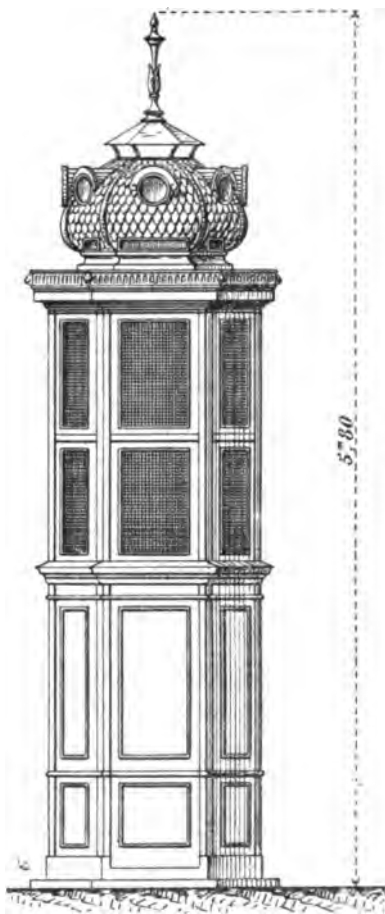


Fig. 153. — Élévation.

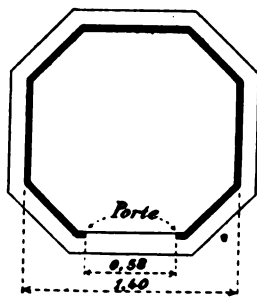


Fig. 154. — Plan.

Fig. 153 et 154. — Edicule du puisard du canal Saint-Martin.

par un puisard double assurant à la fois l'évacuation des eaux rassemblées à la surface du radier et celles drainées à l'extérieur des maçonneries (fig. 12 à 17, pl. XLVII) ; ces derniers mots demandent quelques explications.

Le niveau du souterrain du chemin de fer, sous la rue de la Chine et sous la rue Belgrand, à partir de la rue du Cher, coïncide avec une formation de sables excessivement fins, imprégnés des eaux qui descendent du coteau de Belleville ; les conditions où s'est faite la construction de cette partie du souterrain et sur lesquelles nous reviendrons ultérieurement assurent, par l'assèchement de ces sables dans le voisinage immédiat des ouvrages, la parfaite conservation de ceux-ci. On ne pouvait, sans risquer de compromettre cette conservation, laisser la masse se reconstituer à l'état fluent derrière les maçonneries et les infester d'humidité.

Le puisard situé rue Belgrand, à l'angle de la rue Pelleport, a donc été, en réalité, composé de deux puisards accolés. L'un reçoit les eaux du radier par le moyen d'un tuyautage de 0,15 m. de diamètre ; le second, situé en contre-bas du premier, reçoit les eaux de drainage par un branchement maçonné établi transversalement sous la ligne. Les eaux des deux puisards sont élevées par des pompes placées dans des chambres ménagées à cet effet au-dessus des puisards, et rejetées, par une canalisation disposée *ad hoc*, dans l'égout public voisin.

Il semble *a priori* que l'on eût pu éviter la superposition des deux puisards en favorisant l'introduction des eaux extérieures dans le souterrain à l'aide de barbacanes judicieusement disposées comme il se pratique souvent pour les ouvrages situés en terrain mouillé ; on n'aurait eu ainsi à recueillir que des eaux coulant à la surface du radier. Mais, outre que l'assainissement des piédroits aurait été moins bien assuré et que celui du radier, non moins important, n'aurait pas été obtenu, on serait allé ainsi à l'encontre du but, poursuivi avec juste raison, qui est d'obtenir un souterrain aussi bien défendu que possible contre l'humidité.

b. *Aménagement du radier.* — On vient de voir les moyens employés pour rejeter hors du souterrain les eaux préalablement rassemblées dans des puisards établis en des points judicieusement

choisis. Pour compléter ces indications, il reste à faire connaître les dispositions particulières appliquées au radier lui-même pour la conduite des eaux de la ligne vers les puisards. Ajoutons que ces dispositions sont comprises dans les travaux d'infrastructure exécutés par les soins de la Ville et à ses frais.

La surface du radier a été établie conformément aux principes ci-après, sauf, bien entendu, modifications rendues nécessaires par les circonstances locales.

Le radier des paliers situés à un sommet du tracé n'a subi aucune modification. Le radier des stations et celui des paliers compris entre deux déclivités de même sens sont exécutés de façon que, dans leur partie médiane, la face supérieure présente une légère pente longitudinale, variant de 0,0005 à 0,001, suivant les cas, qui part d'une extrémité du palier et est dirigée dans le sens de la pente générale du profil. Dans sa partie médiane, le profil en travers normal est remplacé par un profil parabolique à axe vertical tangent à ce profil normal et dont le sommet se déplace suivant la ligne de pente adoptée. Voici, pour préciser les données relatives à cette parabole, et à titre d'exemple, le cas du palier d'une station voûtée (fig. 155).

L'intradós est une ellipse dont les axes peuvent être désignés par a et b . Soit m l'approfondissement du radier en un point donné, $BP = m$; l'équation de la parabole est de la forme $x^2 = p(b + m - y)$. La quantité p a pour valeur

$$p = \frac{2a^2}{b^2} (b + m - \sqrt{m(2b + m)}).$$

La corde de contact CC' a pour valeur :

$$CC' = \frac{2a\sqrt{2}}{b} \sqrt{[b + m - \sqrt{m(2b + m)}] \sqrt{m(2b + m)}}$$

et la distance CD du point D à la ligne des naissances, a pour valeur :

$$CD = b + m - \sqrt{m(2b + m)}.$$

La voûte et les piédroits sont exécutés conformément au profil en long général de la ligne.

Dans les paliers formant bas-fond, la partie supérieure du radier est disposée suivant une pente de 0,001 régnant sur la moitié de la longueur et suivie immédiatement d'une rampe de même déclivité.

tivité et de même longueur. Le profil en travers normal du radier est maintenu et la voûte, ici encore, est exécutée conformément au profil en long.

Enfin, les radiers des stations comportant des couloirs ou fosses de visite, sont établis de façon variable suivant la disposition des lieux.

c. Terminus et boucle « Gambetta ». — Des dispositions spéciales ont dû être prises pour assurer l'écoulement superficiel des eaux de l'ensemble assez complexe que forme le terminus Gambetta avec sa boucle d'évitement, ses deux stations pourvues de couloirs de visite, et les ouvrages d'épanouissement (culottes) établis au point de bifurcation. Voici, à ce sujet, quelques indications générales qui permettront de comprendre le système adopté sur ce point.

Un puisard M (fig. 156), établi à l'origine de la station d'arrivée, reçoit toutes les eaux provenant : des deux stations d'arrivée et de départ, de la boucle d'évitement et de la branche de l'avenue Gambetta.

Pour la boucle, un point haut H a été formé près du sommet, de façon à renvoyer les eaux partie vers la branche Belgrand, partie vers l'avenue Gambetta.

Du premier côté, le radier de la culotte dite du Cher (A du plan) a été exécuté avec pente vers la station d'arrivée. Dans cette station, où le radier est en palier, l'écoulement des eaux est assuré par des rigoles transversales espacées de 5 mètres qui, au moyen de puisards de jonction, amènent les eaux dans des conduites en fonte longitudinales noyées dans le radier et aboutissant au puisard M.

Du côté opposé, les eaux de la boucle et de la branche de l'avenue Gambetta sont ramenées, par des pentes appropriées, à la station de départ. Dans cette station, les murettes du quai central étaient déjà construites ; le percement des trous pour les rigoles transversales eût été difficile et coûteux et l'on préféra adopter un dispositif différent de celui de la station d'arrivée : au pied des dites murettes on disposa des rigoles longitudinales avec pentes renversées aboutissant à des ouvertures permanentes ménagées dans ces murettes et au droit desquelles furent construits des

puisards de 0,20 m. \times 0,20 m. communiquant avec une conduite longitudinale en fonte de 0,408 m. noyée dans le béton du radier.

Le radier de la culotte B a été disposé de façon à ramener vers le puisard M les eaux amenées, comme il est dit ci-dessus, dans le puisard établi à l'origine de la station de départ.

Du puisard M les eaux sont reprises par une pompe et amenées au delà du point haut de la culotte B par une conduite en fonte de 0,408 m. établie le long du piédroit de droite ; à partir de ce point haut, elles s'écoulent par la gravité, en raison de la pente générale du profil en long, vers le boulevard de Ménilmontant où elles sont évacuées, comme il a été expliqué précédemment, vers un puisard établi sur la ligne circulaire Nord qui croise par en dessous la ligne n° 3.

VIII. — OUVRAGE D'AÉRATION

La Compagnie concessionnaire a établi, avenue Gambetta à l'angle de la rue Pelleport, c'est-à-dire à l'extrémité de la branche Gambetta, un ouvrage spécial destiné : 1° à assurer la ventilation permanente de cette branche ; 2° à donner un moyen d'évacuation au personnel se trouvant dans ladite branche, en cas d'obstruction par une cause quelconque entre l'origine et le fond de cette dernière.

Cet ouvrage consiste en une cheminée verticale, contenant un escalier tournant, accolée au souterrain et communiquant avec lui, d'une part, par un élément de galerie permettant le passage du personnel ; d'autre part, par une cheminée débouchant vers le haut du souterrain, pour assurer l'aération. Cette cheminée débouche au niveau du sol sur l'avenue Gambetta, près de la rue Pelleport ; elle est surmontée d'un édicule décrit ci-après.

L'emplacement de l'ouvrage a été déterminé de manière que le grand axe de l'édicule soit dans l'alignement des arbres de l'avenue Gambetta et que son petit axe soit à égale distance des deux arbres encadrants.

Le diamètre intérieur de la cheminée est de 1,50 m. ; la galerie d'accès a 2,20 m. de hauteur et 0,80 m. de largeur : l'escalier, en colimaçon, a des marches de 0,70 m. de largeur. La cheminée et

la galerie sont en maçonnerie de béton et de meulière avec mortier de ciment de laitier ; l'escalier est en béton armé.

Les figures 1 à 4 (pl. XLVIII) donnent, en plan et coupes, les dispositions de l'ouvrage.

L'édicule est de forme rectangulaire en plan (fig. 5 et 6, pl. XLVIII). Il se compose d'une ossature en fer avec panneaux inférieurs pleins en tôle, panneaux supérieurs en ferronnerie ajourée, corniche en saillie au-dessus des panneaux ajourés. Il est couvert en zinc et muni, au-dessous du niveau des panneaux ajourés, d'un grillage métallique destiné à s'opposer à la projection dans la cheminée, d'objets venant du dehors. Une porte située sur l'un des petits côtés de l'édicule, permet au personnel de sortir du puits.

Depuis, la Compagnie du Métropolitain a présenté un projet comportant l'établissement de plusieurs ouvrages d'aération sur les lignes exploitées ; à l'heure où nous écrivons ceci, ces projets ne sont pas encore approuvés ; nous n'en parlerons donc pas pour le moment.

IX. — ATELIERS DE SAINT-FARGEAU

On sait que, pour le service des premières lignes mises en exploitation, la Compagnie concessionnaire a établi, dans le quartier de Charonne (20^e Arrondissement), près du Cours de Vincennes, un dépôt et des ateliers d'entretien¹. Un deuxième groupe d'ateliers, affecté au service de la ligne n° 3, a été établi par elle dans un vaste terrain acquis à cet effet dans le quartier Saint-Fargeau.

Ces ateliers sont mis en communication facile avec la ligne n° 3 au moyen d'un tronçon de souterrain partant de l'extrémité de la branche Belgrand et pénétrant dans l'établissement de la Compagnie à l'angle des rues Pelleport et Belgrand. Ce souterrain (fig. 7 à 11, pl. XLVIII) se compose d'une galerie maçonnée, d'abord à double voie, puis à simple voie, suivie d'une tranchée couverte à simple voie. La galerie maçonnée est du type de souterrain adopté pour les lignes métropolitaines, modifié en raison

¹ Tome I, chap. II, § V.

de la nature du sous-sol (marnes humides) ; les figures 8, 9 et 10 donnent la section de ses diverses parties. La tranchée couverte ne diffère que par ses dimensions du type de tranchée analogue à double voie appliqué sur le réseau métropolitain ; la figure 11 en donne la coupe transversale.

L'ensemble des ateliers, représenté en plan par la figure 157, occupe une superficie totale de 11 883,62 m², dont 9 668,03 m² en bâtiments couverts se décomposant comme suit :

Petit entretien	3 292,19 m ²
Ateliers et salle de peinture	4 878,90 —
Réfectoire	137,56 —
Menuiserie	731,93 —
Hangar à bois	200,36 —
Service médical	49,24 —
Magasins	298,02 —
Logement du concierge	79,78 —

Pour diminuer les risques d'incendie, l'atelier de menuiserie (M. du plan) a été isolé des autres bâtiments ; il est desservi par un moteur électrique de 30 chevaux.

Les ateliers sont recouverts par des combles en forme de sheds s'appuyant sur des entretoises portées par des poutres principales reposant elles-mêmes sur des piliers. Les charpentes sont en acier doux laminé, avec rivets en acier, et représentent un tonnage de 1 300 tonnes environ pour les trois grands ateliers (réparations, petit entretien et menuiserie), le magasin général et le hangar à bois.

Les sheds des ateliers ont une portée variant de 3,63 m. à 5,82 ; chacun d'eux se compose essentiellement d'arbalétriers en \equiv inclinés à 31° sur l'horizontale, formant grand versant, et de montants en \equiv inclinés à 31° sur la verticale, formant petit versant. Les arbalétriers du grand versant sont écartés de 0,60 m. à 0,70 m. d'axe en axe ; le remplissage est composé de carreaux de plâtre et liège.

Les piliers, au nombre de 81, présentent une hauteur de 7,80 m. et de 5,50 m. ; les piliers ordinaires sont constitués par deux montants verticaux formés chacun de quatre cornières renforcées par des fourrures ; une âme commune rend solidaires les

deux montants. Les piliers supportant les ponts roulants sont munis chacun, selon le cas, d'un ou de deux montants supplémentaires établis dans des conditions analogues. Les chemins de roulement des ponts roulants sont formés de poutres en treillis de 1 mètre de hauteur ; ils transmettent leurs charges aux piliers par l'intermédiaire de consoles.

L'outillage, très important et qui permet d'assurer les grosses et petites réparations, comprend les engins ou machines dont la nomenclature sommaire suit :

1° Trente-six moteurs électriques comprenant : 1° un électromoteur à courant triphasé, système Boucherot, type BTXXI, modèle α , pouvant produire sur son arbre une puissance de 30 chevaux à 365 tours par minute, et monté sur glissière ; 2° trois électromoteurs à courant triphasé, système Boucherot, type BTXX, modèle α , pouvant produire, dans les mêmes conditions, une puissance de 20 chevaux. Ces moteurs comportent chacun un interrupteur à blocage automatique et un coupe-circuit ; 3° trente-deux moteurs protégés, dont :

7 de 10 chevaux à 480 tours par minute ;	
6 — 5 — 470 —	
16 — 3 — 470 —	
3 — 1 cheval à 695 —	

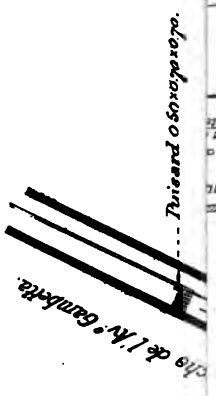
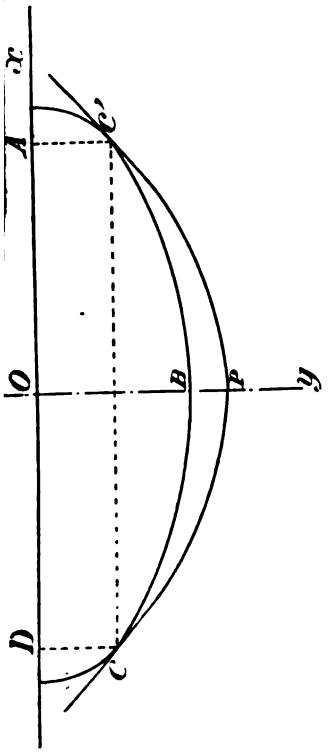
Tous ces moteurs, du type asynchrone, sont établis pour fonctionner sous un courant triphasé ayant une tension composée de 110 volts (montage en étoile) et une fréquence de 25 périodes.

2° Cinq tours parallèles à fileter et à charioter dont les caractéristiques peuvent être résumées ainsi :

	A	B	C
Hauteur de pointes . . .	0,225 m.	0,300 m.	0,325 m.
Banc	droit	demi-coude	coupe
Distance entre pointes . .	1,750 m.	2,75 m.	2,75 m.

Les tours sont au nombre de : modèle A, 3 ; modèle B, 1 ; modèle C, 1. Pour tous, le mouvement transversal est automatique et le chariot porte-outil pivotant. Chacun d'eux est actionné par un moteur électrique de 3 chevaux à 470 tours par minute.

3° Quatre machines à percer à colonne. Le diamètre à percer



... Tuillard 050x050x050.

Fig. 135.

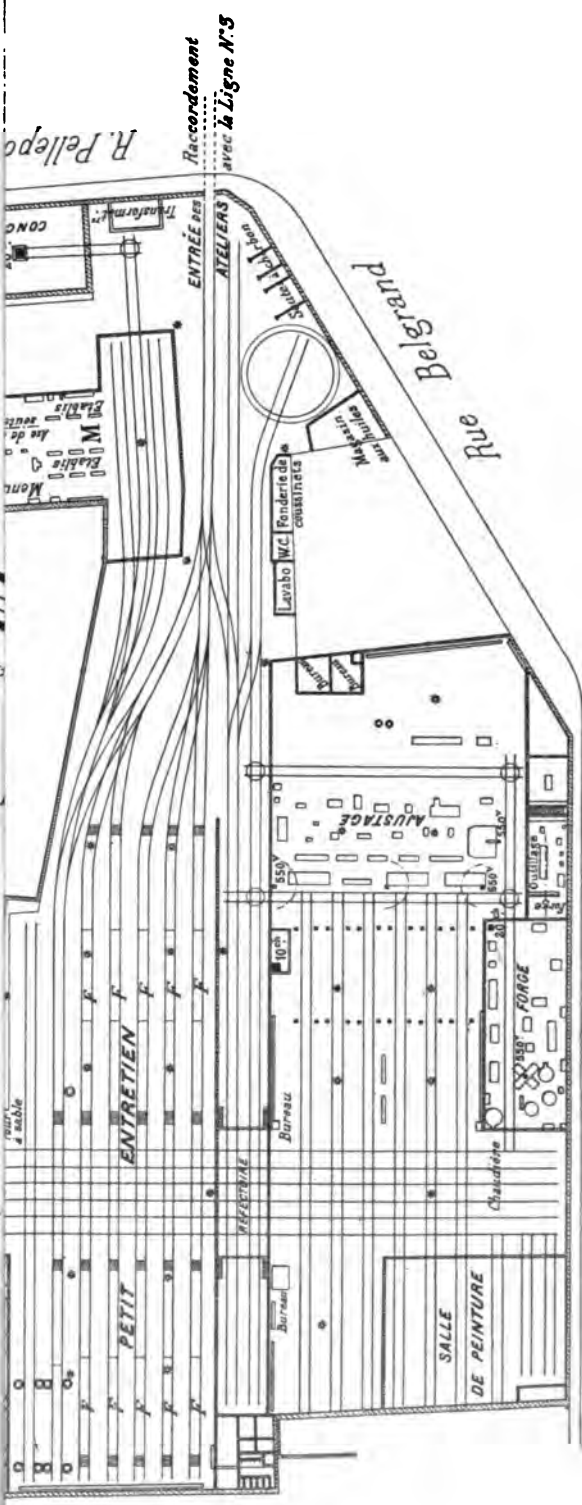


Fig. 137. — Ateliers de Saint-Fargeau. Plan d'ensemble.



est de 60 millimètres pour d'eux d'entre elles, de 70 millimètres pour la troisième et de 40 millimètres pour la dernière; elles sont commandées chacune par un électro-moteur de 3 chevaux à 470 tours par minute.

4° Deux machines à meules modèle D avec meule d'émeri-composition de 0,80 m. de diamètre et 0,10 d'épaisseur.

5° Une machine à affûter automatiquement les scies circulaires à métaux et à bois, avec plateau diviseur et meule en corindon. Cette machine est pourvue d'un dispositif produisant automatiquement la division exacte, le changement de dent pendant le recul de la meule et l'enfoncement de la meule à chaque tour de la scie, de telle sorte que l'affûtage se fait complètement seul.

6° Une machine à affûter les fraises à dents droites et hélicoïdales avec appareil pour affûter entre pointes, support pour affûtage des fraises en l'air et support pour affûtage des fraises à profil constant et des scies circulaires.

7° Trois tours à essieux montés, de 650 millimètres de hauteur de pointes, commandés chacun par un électro-moteur de 10 chevaux à courant triphasé, à 480 tours par minute. La distance entre pointes peut varier de 2,08 m. à 2,28 m. Le banc du tour, à rainures et à retour d'équerre, porte une poupée fixe, une poupée mobile sur le banc et deux chariots porte-outils.

8° Un tour à rafraîchir les fusées d'essieux montés, de 405 millimètres de hauteur de pointes au-dessus du banc, commandé par un électro-moteur de 3 chevaux à 470 tours par minute; la distance entre pointes est de 2,28 m. à 2,08 m.

9° Un tour double avec plateaux horizontaux, de 1,30 m. de diamètre commandé par un électro-moteur de 20 chevaux à 365 tours par minute; le tour porte quatre chariots porte-outils (deux par plateau) à mouvements indépendants. Un débrayage permet soit la marche simultanée des deux plateaux, soit la marche d'un seul.

10° Une machine à raboter à table mobile et à retour rapide commandée par un électro-moteur de 10 chevaux à 480 tours. Les dimensions maxima à raboter sont de 2,50 m. de longueur, 1,30 m. de largeur et 0,985 m. de hauteur.

11° Un étai-limeur avec retour rapide de 1 à 3 commandé par

un électro-moteur de 3 chevaux à 470 tours; la course transversale de l'outil est de 0,35 m. la course longitudinale du chariot porte-pièces 0,65 m., la course verticale du même 0,30 m.

12° Une machine à mortaiser avec retour rapide de 1 à 3 actionnée par un moteur de 5 chevaux à 470 tours.

13° Une scie circulaire à métaux à commande obtenue sur la périphérie de la lame montée sur un bâti en fonte, commandée par un électro-moteur de 3 chevaux à 470 tours; le diamètre de la scie est de 0,55 m., la course du chariot de 0,35 m. transversalement et longitudinalement.

14° Une machine à tarauder pouvant tarauder jusqu'à 52 millimètres de diamètre, actionnée par un électro-moteur de 3 chevaux à 470 tours.

15° Une auge triple avec trois meules en grès de 1 mètre de diamètre sur 0,20 m. de largeur, commandées par un moteur de 5 chevaux à 470 tours.

16° Deux ventilateurs sans bruit ayant respectivement 0,65 m. et 0,35 m. de diamètre d'ailes, munis chacun d'une cuvette pour éviter l'aspiration de l'huile.

17° Divers autres machines à travailler les métaux et appareils pour l'atelier de la forge et des roues : Un tour à revolver de 130 millimètres de hauteur de pointes; une machine à percer radiale pour perçage de 60 millimètres; une machine à percer sensitive perçant jusqu'à 14 millimètres de diamètre; une machine à fraiser universelle Reinecker n° 3; une scie à ruban pour les métaux; une poinçonneuse cisaille double poinçonnant jusqu'à 25 millimètres de diamètre sur une épaisseur de 20 millimètres et cisillant jusqu'à 20 millimètres avec une largeur de lames de 0,40 m.; une machine à fraiser universelle Reinecker type IA; une machine à affûter les forets américains, de 5 à 50 millimètres de diamètre; un étiau-limeur à retour rapide type 519 ZA; une machine à cintrer les tôles, modèle renforcé, pour tôles de 1,50 m. de largeur sur 8 millimètres d'épaisseur; un générateur de vapeur vertical de 50 mètres carrés de surface de chauffe, alimentant : 1° un marteau pilon à double effet de 300 kilogrammes de masse tombante; 2° le chauffage : d'une salle de peinture de 31 m. \times 26 m. \times 4,70 m., à 20° C au moyen de tubes à ailettes, de deux salles de

douches, de deux réservoirs d'eau de 600 litres chacun à 70° C, d'une étuve de 7 m. \times 4 m. \times 2,40 m., à 80° C pour le séchage des induits, inducteurs, etc.; deux forges doubles démontables et une petite forge simple; une presse hydraulique verticale pour caler et décaler les roues, de 150 tonnes de pression effective; un mouton automatique pour rabattre les talons de bandage des roues montées sur leurs essieux, avec marteau de 28 kilogrammes; une forge à désembattre les roues, de 1,60 m. de diamètre intérieur; un four circulaire sans vent pour le chauffage des bandages; une cuve à refroidir les bandages.

18° Diverses machines pour le travail du bois: une scie circulaire à axe fixe; une scie à ruban à cylindres verticaux; une scie à ruban à chantourner; une machine à dégauchir à outil rotatif pour bois de 0,60 m.; une machine à raboter à aménagement continu pour bois de 0,60 m. \times 0,25 m.; une machine à mortaiser avec appareil à équarrir les mortaises; un tour à bois; une machine automatique à affûter les coutèaux de raboteuses jusqu'à 0,80 m. de longueur, avec meule à l'émeri; une machine automatique à affûter les lames de scies à ruban à bois et à métaux et à donner la voie aux scies à bois.

19° Une installation de 36 vérins hydrauliques pouvant lever, par groupes de quatre, une charge de 9 000 kilogrammes avec vitesse de levage de 0,04 m. à la seconde; chaque vérin a une course totale de 0,85 m.

20° Un monte-charges du système suspendu (sans pylône), pouvant soulever une charge de 2500 kilogrammes à 11,90 m. de hauteur, desservant le rez-de-chaussée, l'entresol et deux étages, avec vitesse ascensionnelle minimum de 0,20 m. à la seconde.

21° Un chariot roulant sans fosse de 30 tonnes, dont la translation est obtenue au moyen d'un moteur série de tramway de 30 chevaux. La vitesse de translation du chariot est de 100 mètres à la minute; en pleine charge, la vitesse de halage par le cabestan est de 35 mètres à la minute.

22° Trois ponts roulants dont :

2 de 10 tonnes, d'une portée de 15,50 m. (entre axes des chemins de roulement);

1 de 10 tonnes, d'une portée de 13,50 m. (entre axes des chemins de roulement) ;

1 de 5 tonnes, d'une portée de 8,45 m. (entre axes des chemins de roulement).

En pleine charge, les vitesses à la minute sont de 3 mètres pour le levage et de 30 mètres pour la direction. Les ponts sont composés de deux poutres à âme pleine en acier, assemblées par des goussets et portant des rails carrés pour servir de chemin de roulement au treuil électrique.

23° Quatre plaques tournantes de 2,70 m. de diamètre pour voie normale de 1,44 m. d'écartement, et une autre de 3 mètres de diamètre.

24° Un pont tournant de 9,25 m. de diamètre pouvant porter une voiture motrice à bogies répondant aux caractéristiques principales suivantes :

Longueur hors tampons	41,48 m.
Poids sur les deux essieux moteurs	16 620 kg.
— — porteurs	10 180 —
Poids total de la motrice (y compris charge normale d'essai de 4 000 kg.)	26 800 —

25° Un pont tournant de 12 mètres de diamètre pouvant porter une voiture motrice répondant aux caractéristiques ci-après :

Longueur hors tampons	13,97 m.
Poids sur les deux essieux moteurs	20 700 kg.
— — porteurs	11 500 —
Poids total de la motrice (y compris charge normale d'essai de 5 600 kg.)	32 200 —

X. — OUVRAGES SPÉCIAUX

a. *Boucle du parc Monceau.* — La boucle origine de la ligne n° 3 se développe, sous le parc Monceau, en forme de poire dont les deux branches, chacune à double voie, viennent se réunir dans un ouvrage d'épanouissement (culotte), également situé sous le parc ; à la sortie de cet ouvrage, le souterrain courant gagne directement l'ouvrage spécial établi, sous le boulevard de Courcelles, en avant de la station « Avenue de Villiers ». Cette disposition, la plus favorable à la manœuvre des trains, a été facilitée

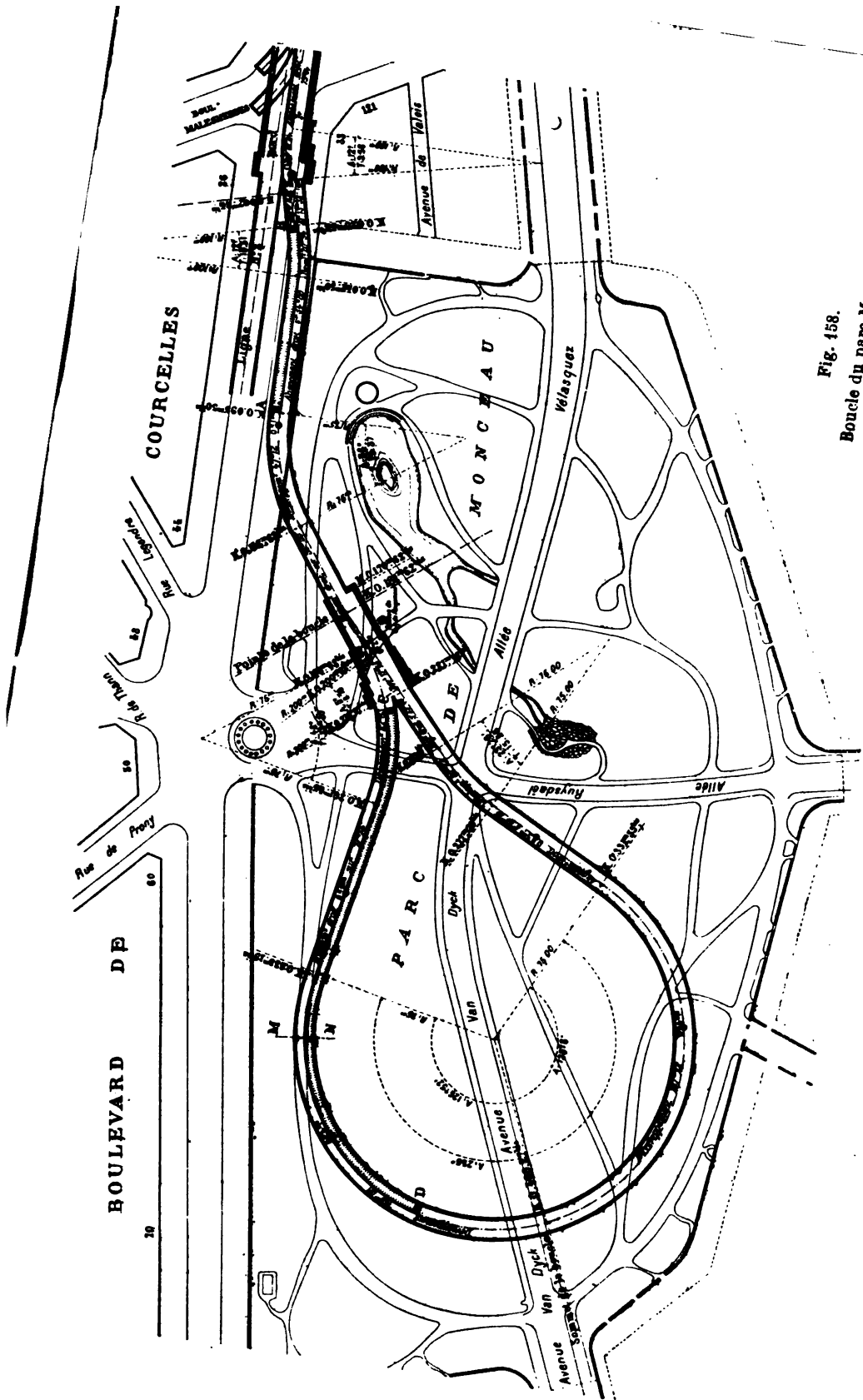


Fig. 158.
 Boucle du parc Monceau.
 Plan d'ensemble.

par l'espace libre qu'offrait à son développement le vaste tréfonds du parc Monceau; aussi a-t-on pu donner à la courbe de sommet de la boucle un rayon de 75 mètres, rentrant ainsi dans les prescriptions de l'article 5 du cahier des charges de la concession, annexé à la loi du 30 mars 1898.

La figure 158 donne le plan d'ensemble de la boucle jusqu'à sa pénétration dans l'ouvrage spécial du boulevard de Courcelles.

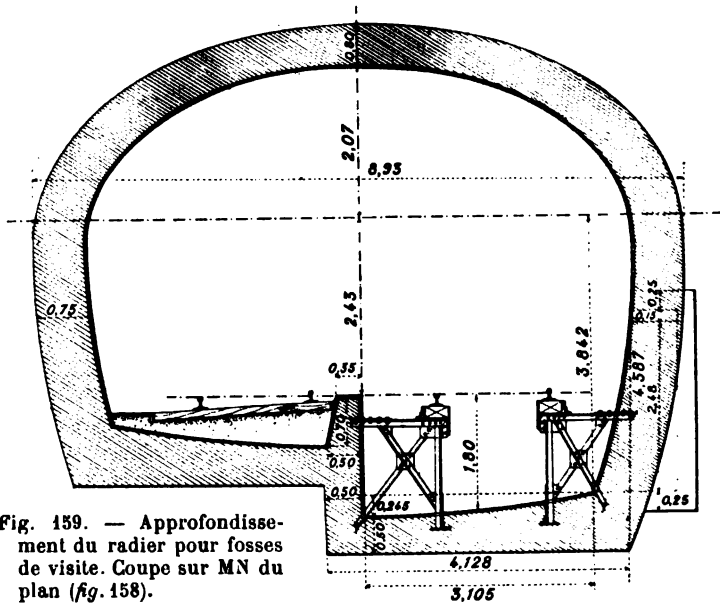


Fig. 159. — Approfondissement du radier pour fosses de visite. Coupe sur MN du plan (fig. 158).

La voie extérieure de la boucle est réservée à la circulation normale des trains; la voie intérieure ne sert à cet usage qu'en cas d'interruption accidentelle de la précédente; en temps ordinaire, elle est utilisée pour les manœuvres et le garage des trains.

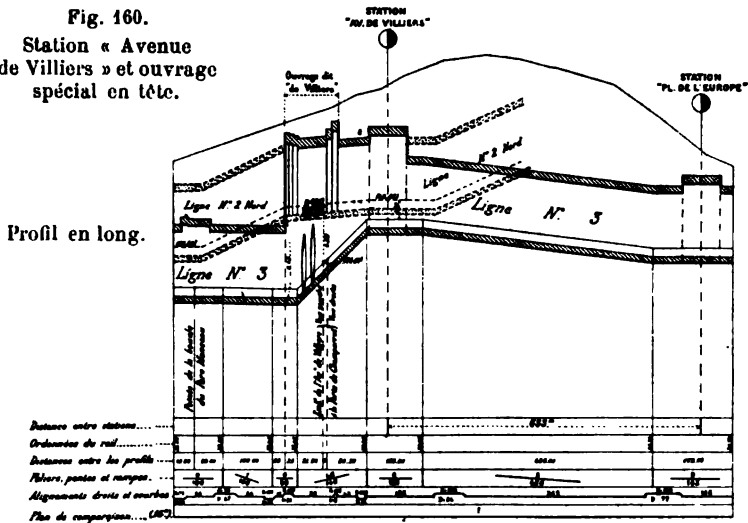
Afin de permettre la visite et le nettoyage des voitures, des fosses ont été aménagées : 1° dans le souterrain qui précède la boucle, sous la voie qui longe le piédroit voisin de la ligne circulaire Nord, et sur 75 mètres de longueur (de A à B, fig. 158); 2° sous la voie intérieure de la branche de la boucle, côté du boulevard de Courcelles, sur 225 mètres de longueur (de C à D).

Les fosses sont constituées par un approfondissement du radier

qui a été abaissé à 1,80 m. au-dessous du plan de roulement normal, sur la demi-largeur du souterrain; les parois des fosses sont formées, d'un côté par le prolongement du piédroit du souterrain, de l'autre côté par une murette en maçonnerie dont la partie supérieure, de 0,35 m. d'épaisseur, est arasée au niveau des rails. Au-dessus de ces fosses, la voie est posée sur longrines supportées par des chevalets métalliques scellés dans la maçonnerie du souterrain; ces chevalets sont au nombre de 140 pour la fosse A. B. et 436 pour la fosse C. D. La figure 159 donne, en coupe transversale, le type de ces dispositions. De petits escaliers, ménagés à chaque extrémité des fosses, relie le fond de ces dernières à la plateforme normale du chemin de fer.

b. *Ouvrage spécial dit « de Villiers ».* — Cet ouvrage, dit « de Villiers », situé en réalité sous le boulevard de Courcelles, est

Fig. 160.
Station « Avenue
de Villiers » et ouvrage
spécial en tête.



commun aux lignes n°s 2 Nord et 3; il a été construit en même temps que la première de ces lignes. Ses dispositions ont été décrites précédemment¹; pour compléter ces premières indications et les rendre plus intelligibles, nous donnons (fig. 160) un extrait du profil en long des lignes n°s 2 Nord et 3, dans la partie où elles se trouvent juxtaposées, comprenant la station double

¹ Tome I, chap. III, § VIII.

« Avenue de Villiers » et l'ouvrage spécial qui la précède. Ce profil fait ressortir clairement l'abaissement subi, dans cette partie, par la ligne n° 3 pour permettre le passage, sous la ligne n° 2 Nord, du prolongement projeté vers la porte de Champerret.

La figure 161, bien que représentant l'ouvrage non terminé, permet de se faire aisément une idée précise de la façon dont sont

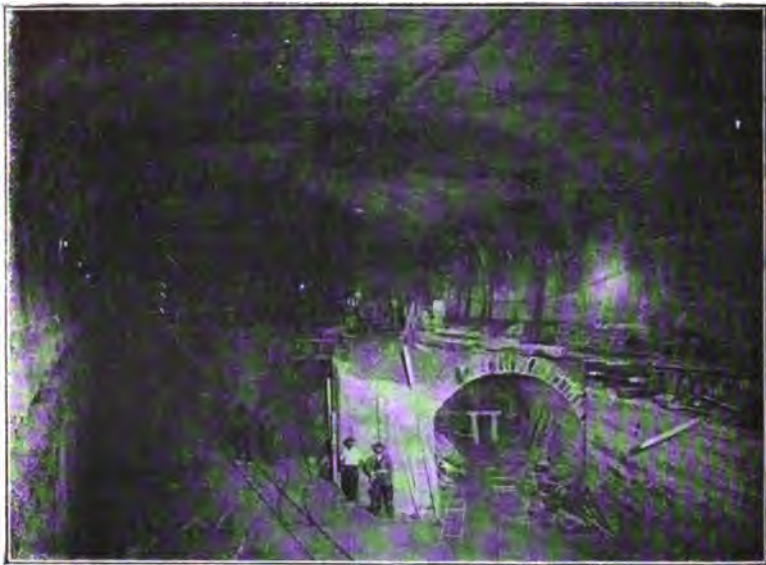


Fig. 161. — Ouvrage spécial en tête de la station « Avenue de Villiers ».
Vue prise en cours de construction.

combinées les deux lignes et l'amorce de l'embranchement Champerret : à droite, au premier étage, se trouve la plateforme de la ligne n° 2 Nord ; en bas, à gauche, celle de la ligne n° 3 ; au milieu, l'origine des deux souterrains à une voie qui, au delà de la partie vue, se réunissent pour former la ligne à deux voies de l'embranchement. Toute la partie ainsi vue du premier étage, formant vide au-dessus de l'étage inférieur, a été recouverte d'un tablier métallique dont la figure 162 donne le schéma général en plan.

Enfin, l'examen du profil (fig. 160) montre que les deux stations accolées formant la station double « Avenue de Villiers » se sont trouvées ainsi placées à des niveaux différents, alors qu'elles étaient

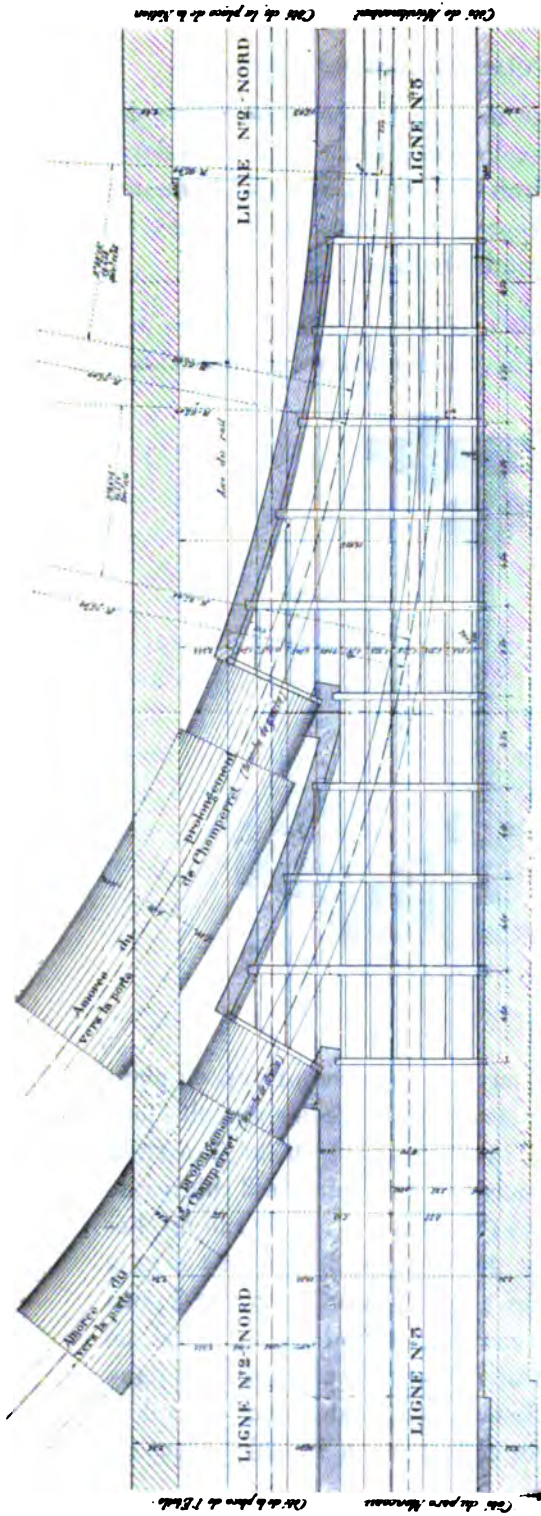


Fig. 162. — Ouvrage dit « de Villiers ». Plan schématique du tablier métallique.

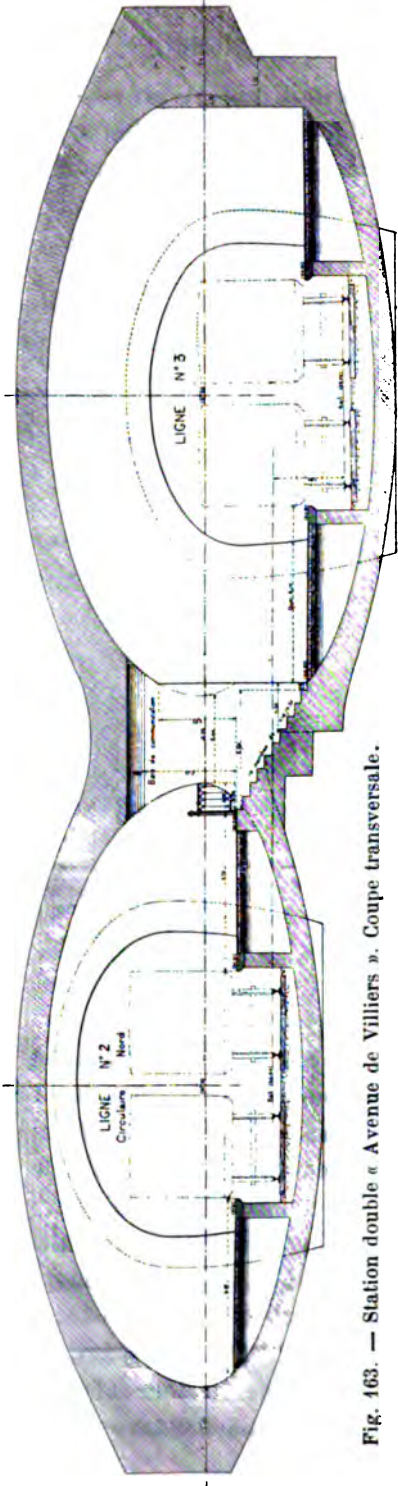


Fig. 163. — Station double « Avenue de Villiers ». Coupe transversale.

primitivement prévues au même niveau. La communication de l'une à l'autre se fait à l'aide d'escaliers de dix marches établis dans les baies ménagées dans le piédroit commun. La figure 163 donne la coupe transversale de l'ouvrage ainsi exécuté et remplace la figure 12 (pl. XVIII) de notre premier volume.

c. *Passage sur le collecteur de Clichy.* — La ligne croise, par en-dessus, le collecteur de Clichy, au carrefour des rues Auber

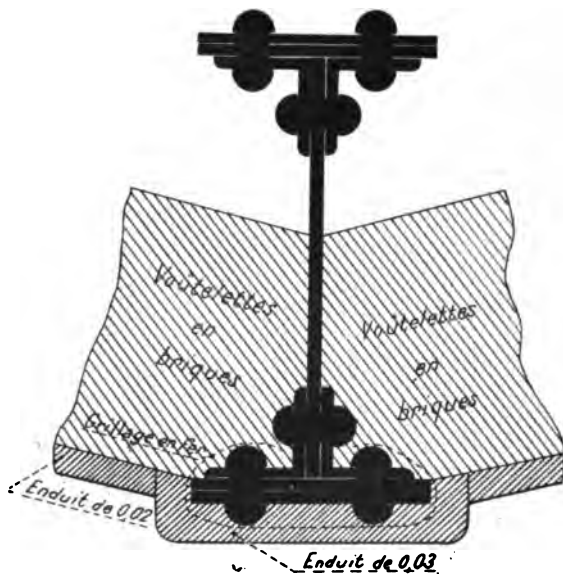


Fig. 164.

et Scribe où les tracés des deux ouvrages se rencontrent, en plan, sous un angle de $66^{\circ}30'$. La cote d'altitude du radier du collecteur en ce point est de 25,58 m., celle de son extradoss 31,05 m. (la section transversale est en forme de couronne circulaire de 3 mètres de rayon extérieur (voir fig. 4, pl. XLIX); d'autre part, le rail du chemin de fer était prévu à la cote 29,73 m., et le sol est à la cote 35,54 m. Or, on ne pouvait songer à faire passer la ligne n° 3 sous le collecteur qui, de son côté et en raison de son profil général, ne pouvait être abaissé; il fallait donc ménager le passage de la ligne entre le collecteur et le solet, vu l'insuffisance de hauteur disponible, couper partiellement la voûte du collecteur en lui substituant un

plancher métallique sur lequel reposerait directement le chemin de fer. Les figures 4 à 5 (pl. XLIX) montrent le détail du dispositif ainsi adopté. Le plancher métallique est formé de six poutres en I (dont les quatre centrales correspondent aux rails du Métropolitain), reliées par des entretoises espacées de 1,10 m., avec remplissage par des voûtelettes en briques ; les extrémités des poutres reposent, par l'intermédiaire de sommiers en pierre de taille, sur les piédroits du collecteur préalablement renforcés, comme l'indique la figure 4.

Afin de protéger les poutres du plancher métallique contre les effets d'oxydation qu'aurait causés l'humidité permanente de l'air dans le collecteur, on a revêtu le dessous des semelles de ces poutres d'un enduit en ciment relié, sans solution de continuité, à celui qui recouvre la face inférieure des voûtelettes en briques. Pour assurer l'adhérence de l'enduit à la surface du métal, on avait disposé préalablement, au-dessous des semelles, un grillage en fil de fer galvanisé de 0,0015 m. avec mailles de 0,02 m., coupé par bandes de 0,32 m. de largeur, qu'on avait appliqué contre les semelles, comme le montre la figure 164, en le recourbant de chaque côté des poutres ; cette opération a été faite au moment de la pose des cintres devant servir à l'exécution des voûtelettes, de telle sorte que le grillage, serré sur les côtés de la poutre, entre le fer et le bois, ne pouvait se déplacer.

A la suite de l'exécution des voûtelettes en briques, les parties de grillage relevées, puis aplaties, se trouvaient noyées dans la maçonnerie.

Après le décintrement des voûtins, on procéda à l'enduisage proprement dit des poutres en commençant par projeter violemment du mortier à l'aide de la truelle, de façon à traverser les mailles du grillage d'abord, et à les envelopper ensuite ; le mortier de ciment de Portland, employé ici, restant difficilement suspendu, le travail s'exécutait par couches successives.

Lorsque le grillage eut été complètement enrobé dans le mortier et que la charge d'enduit eut atteint environ 0,03 m., on lissa fortement ce dernier à la truelle jusqu'à prise complète ; on procéda ensuite à l'application de l'enduit des voûtelettes, de 0,02 m. d'épaisseur. Le mortier employé était dosé à raison de 650 kilo-

grammes de ciment de Portland pour un mètre cube de sable tamisé.

Il reste à ajouter que, pour obtenir un bon résultat, ce travail doit être exécuté avec les plus grands soins.

d. *Ouvrage spécial de la place de l'Opéra.* — La ligne n° 3 croise, à la place de l'Opéra, en s'y superposant (fig. 1, pl. L), les deux lignes métropolitaines n° 7, du Palais-Royal à la place du Danube et n° 8, d'Auteuil à l'Opéra. L'ouvrage commun à ces trois lignes a été exécuté conformément aux dispositions suivantes dont le détail est donné par les figures 1 à 7 (pl. L).

A la base ont été établis trois massifs en maçonnerie fondés par le moyen de l'air comprimé : ces massifs mesurent respectivement (fig. 2) :

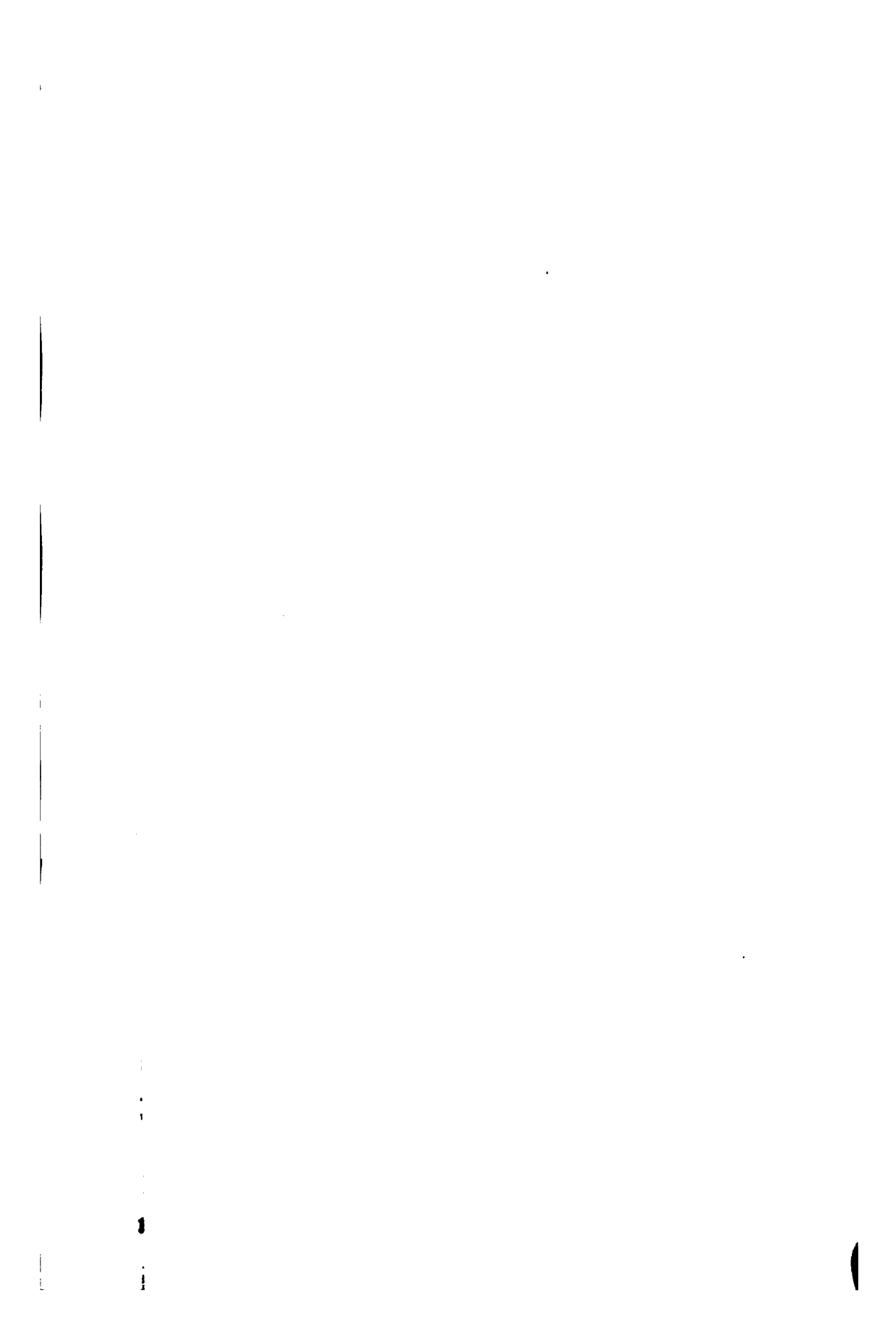
8,25 m. de longueur sur 6 m. de largeur.	
19,50 — — — — —	8 — —
21,50 — — — — —	8 — —

Le premier est établi au point où le piédroit gauche de la ligne du boulevard de Courcelles à Ménilmontant commence à être superposé aux ouvrages de la ligne du Palais-Royal à la place du Danube (fig. 3); son axe est parallèle à l'axe de la ligne du boulevard de Courcelles à Ménilmontant.

Les deux derniers massifs, ont des directions parallèles à l'axe de la ligne d'Auteuil à l'Opéra, et sont séparés par un intervalle de 7,50 m. (fig. 3); ils ont été descendus :

Le premier à la cote.	15,61
Le deuxième —	15,51
Le troisième —	15,93

(cotes prises par rapport au nivellement général de la France) et ont été dérasés, à leur partie supérieure, à la cote 24,10, correspondant au niveau de la nappe souterraine aquifère. — Des piliers en maçonnerie, *a, b, c, d, e, f* (fig. 3), élevés sur ces massifs aux points de rencontre en plan des trois lignes superposées, constituent les culées des voûtes supportant les murs pignons avec redans successifs, établis à la tête des pénétrations de chacune des trois lignes dans l'ouvrage.





Les deux murs pignons qui forment les têtes du souterrain de la ligne d'Auteuil à l'Opéra (étage inférieur) situés entre les piliers *b* et *c*, d'une part, *e* et *f* d'autre part, ont 1,25 m. d'épaisseur : ils reposent sur deux voûtes surbaissées, l'une biaise, l'autre droite, dont l'intrados se trouve à la cote 25,80 (fig. 5). Ils épousent à leur partie supérieure la forme d'une voûte surbaissée, dont l'intrados se trouve à la cote 34 et qui supporte la murette garde-grève du plancher sous chaussée.

Deux murs pignons provisoires, de 0,80 m. d'épaisseur, masquant en partie les deux pénétrations futures de la ligne d'Auteuil à l'Opéra dans l'ouvrage spécial, sont établis entre l'intrados de la voûte supérieure et le fond de fouille.

Les deux murs pignons formant les têtes de souterrain de la ligne du Palais-Royal à la place du Danube (étage moyen), situés entre les massifs *a* et *b*, d'une part, *d* et *e*, d'autre part, ont 1,25 m. d'épaisseur. Le premier, situé entre les massifs *a* et *b* (côté du Palais-Royal), comporte une seule voûte, elliptique, de même type que celle du souterrain courant, et dont l'intrados se trouve à la cote 34,07. Le second, situé entre les massifs *d* et *e* (côté place du Danube), comporte une voûte surbaissée dont l'intrados est à la cote 34,23 (fig. 6).

Deux murs pignons provisoires de 0,80 m. d'épaisseur masquent les pénétrations de la ligne du Palais-Royal à la place du Danube dans l'ouvrage spécial.

Les deux murs pignons formant les têtes du souterrain de la ligne du boulevard de Courcelles à Ménilmontant (étage supérieur) comportent un simple renforcement de la voûte du souterrain courant supportant la murette garde-grève du plancher sous-chaussée.

Cette murette garde-grève couronne la partie supérieure des six murs pignons et épouse le contour du plancher métallique sous chaussée dont il est question plus loin.

Une voûte d'élégissement en plein cintre et de 5,00 m. de portée, a été ménagée dans le massif de maçonnerie compris entre les piliers *c* et *d* et au-dessous du radier de la ligne du boulevard de Courcelles à Ménilmontant.

Les maçonneries supporteront trois planchers métalliques : le

premier situé sous la chaussée, qu'il supporte directement; le second sous la ligne n° 3; le troisième sous la ligne n° 7, du Palais-Royal à la place du Danube. Les deux premiers, construits en même temps que la ligne n° 3, sont seuls représentés sur les figures 4 à 7; le troisième, qui fait partie de la ligne n° 7, sera établi au cours de la construction de cette ligne.

Le plancher métallique sous chaussée comporte deux parties juxtaposées; l'une de forme triangulaire, l'autre de forme trapézoïdale (fig. 4). L'ensemble est constitué par 4 poutres principales dont deux jumelées, réunies deux à deux par des entretoises. Les portées de ces poutres sont respectivement de 26,15 m., 15,80 m., 15,60 m., et 13,36 m.; la première est divisée, par un appui intermédiaire, en deux travées solidaires de 14,90 m. et 11,25 m. de portée. Ces quatre poutres maîtresses sont à treillis, à croix de Saint-André, de 2,70 m. de hauteur d'âme entre cornières (fig. 5 à 7).

Les membrures supérieures et inférieures de ces poutres sont constituées par une âme de 0,600 m. \times 10, 4 cornières de $\frac{120 \times 120}{12}$ et une ou plusieurs semelles de 0,400 m. \times 10. Les montants sont espacés de 1,825 m. d'axe en axe et constitués par 4 cornières de $\frac{100 \times 100}{10}$. Les croisillons sont de six types, respectivement constitués :

- Par deux cornières de $\frac{90 \times 90}{11}$.
- cornières de $\frac{100 \times 100}{12}$.
- cornières de $\frac{110 \times 110}{12}$.
- cornières de $\frac{120 \times 120}{12}$ et un plat de 240 \times 11.
- cornières de $\frac{120 \times 120}{13}$ et un plat de 240 \times 12.
- ou enfin — cornières de $\frac{120 \times 120}{14}$ et un plat de 240 \times 14.

Les entretoises espacées de 3,65 m. d'axe en axe, sont constituées par une âme de 1,100 \times 10, 4 cornières de $\frac{120 \times 120}{12}$ et deux ou plusieurs semelles de 350 \times 10; entre elles se placent des longerons destinés à recevoir les retombées des voûtelettes en briques

du plancher. Ces longerons sont espacés de 1,58 m. d'axe en axe : l'âme des deux longerons de rive se trouve à 0,50 m. de l'âme des poutres maîtresses. Ils sont constitués par une âme de $0,700 \times 8$ et par 4 cornières de $\frac{90 \times 90}{10}$, à l'exception du longeron de rive recevant la dernière entretoise droite et l'entretoise oblique du plancher, côté boulevard de Courcelles, et qui est formé comme les entretoises de 1,10 m. de hauteur d'âme.

Les longerons sont réunis par des voûtelettes en briques de Bourgogne de 0,35 m. de flèche et de 0,22 m. d'épaisseur.

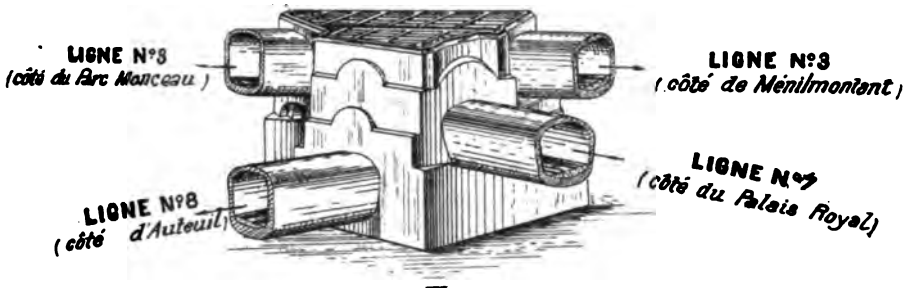


Fig. 165. — Ouvrage spécial de la place de l'Opéra. Perspective d'après une maquette.

Le plancher métallique sous rails de la ligne n° 3 est constitué par deux poutres principales réunies par des entretoises supportant des longerons sous rails. Les portées des poutres principales sont respectivement de 23,60 m. et de 12,30 m., dont la première est formée de 2 travées solidaires de 14,00 m. et 9,60 m. de portée. Ces deux poutres maîtresses sont constituées par une âme pleine de 2,00 m. de hauteur, 4 cornières de $\frac{120 \times 120}{12}$ et des semelles de $0,350 \times 10$. Des montants composés de cornières de $\frac{90 \times 90}{10}$ et espacés de 1,50 m. d'axe en axe, sont placés au droit de chaque entretoise, raidissant l'âme des deux poutres maîtresses. Deux plats de $0,160 \text{ m.} \times 12$ forment couvre-joints d'âme sur toute la longueur de ces poutres.

Les entretoises sont constituées par une âme de $0,600 \times 10$, 4 cornières de $\frac{100 \times 100}{12}$ et des semelles de $0,300 \text{ m.} \times 12$.

Enfin, les longerons sont placés suivant l'axe de chaque rail. —

Ils sont constitués par une âme de $0,600 \times 8$ et 4 cornières de $\frac{60 \times 60}{8}$.

Des voûtelettes en briques, de 0,37 m. de flèche et de 0,22 m. d'épaisseur, réunissent les entretoises du plancher.

Toutes les parties métalliques des deux planchers sont en acier doux laminé avec rivets en acier.

Nous donnerons ultérieurement quelques détails sur l'exécution des travaux considérables qu'a exigé cet ouvrage important et très complexe dont la figure 165 représente la perspective générale d'après une maquette établie par le service technique; en outre, la figure 166 montre une coupe de l'ouvrage prise sur l'axe de la ligne n° 8 (boulevard des Capucines) et sa situation par rapport à la place de l'Opéra et aux immeubles qui l'entourent.

e. *Passage sous la ligne n° 4.* — Dans la rue Réaumur, à la traversée du boulevard de Sébastopol, la ligne n° 3 croise, par en dessous, le tracé de la ligne n° 4; le croisement se fait suivant un angle sensiblement droit (exactement $88^\circ - 92^\circ$) (fig. 1, pl. LI). La distance entre les niveaux des rails des deux lignes est égale à 4,50 (28,78 m. — 24,28 m.), c'est-à-dire au minimum de hauteur nécessaire pour permettre le passage de la ligne inférieure en substituant un tablier métallique à la voûte maçonnée du souterrain courant. Les piédroits des deux souterrains ont été renforcés comme le montrent les figures 3 et 4 (pl. LI).

Le tablier, analogue à celui précédemment décrit pour le passage de la ligne au-dessus du collecteur de Clichy, se compose de six poutres reposant sur les piédroits de la ligne n° 3 (fig. 2 et 3); quatre d'entre elles correspondent deux à deux aux files de rails des deux voies de la ligne n° 4; toutes sont reliées par trois cours d'entretoises qui assurent la rigidité de l'ensemble. Le remplissage est assuré par des voûtelettes en briques de rayons et de portées variables (fig. 3), dont les intervalles sont garnis de béton arasé au niveau des poutres qui correspond lui-même à celui de l'extrados des voûtins. C'est sur la plateforme ainsi constituée que reposeront les traverses devant supporter les voies de la ligne n° 4.

La ligne n° 3 ayant été construite avant la ligne n° 4, on a pris

toutes mesures utiles pour éviter les sujétions graves qu'aurait entraînées, au moment de la construction de cette dernière ligne, la démolition de la voûte de la ligne n° 3 en exploitation et son remplacement par le tablier métallique prévu ci-dessus décrit. A cet effet, non-seulement ce tablier a été établi en même temps que la ligne n° 3, mais encore on a construit par avance le tronçon de la ligne n° 4 correspondant à la traversée des deux lignes, avec légère marge de part et d'autre ; c'est ce dispositif que représente la figure 4 (pl. LI).

f. *Garage des Arts-et-Métiers.* — L'utilité des garages en cours de route est incontestable ; ils permettent d'atténuer le trouble et, par conséquent, le dommage qu'une avarie de train peut causer au service. Bien que la ligne n° 3 n'eût qu'une longueur de 7 kilomètres environ entre stations extrêmes, ce qui diminuait quelque peu l'intérêt d'un garage intermédiaire, un ouvrage de cette nature a été établi au seul emplacement rendu possible : entre les stations « Arts-et-Métiers » et « Rue du Temple », à proximité (23 mètres environ) de la première.

L'ouvrage se compose essentiellement d'une galerie à simple voie, accolée au souterrain courant dont elle n'est séparée que par un piédroit commun, et d'une longueur suffisante (75 mètres) pour permettre le garage momentané d'un train et, par suite, le dégagement de la voie normale (fig. 167 et 6, pl. LI).

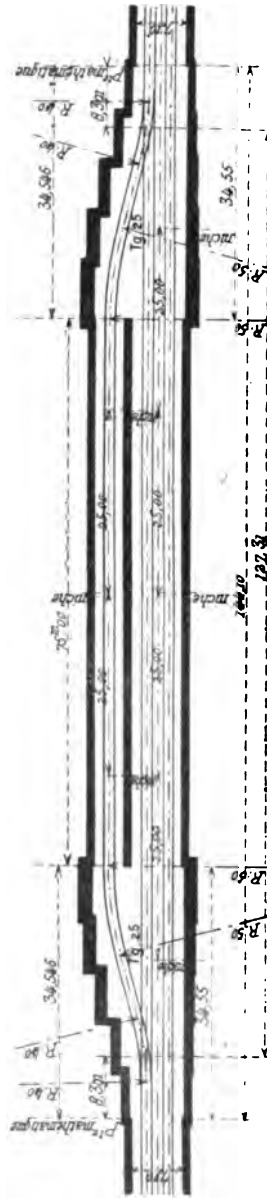


Fig. 167. (Éch. 1/1000). — Garage des Arts-et-Métiers. Plan général.

A ses extrémités, le garage se raccorde avec la galerie principale au moyen de deux ouvrages d'épanouissement dits « culottes », de dispositions exactement symétriques ; le détail de l'une d'elles est donné par la figure 5 (pl. LI). Les deux coupes transversales (fig. 7 et 8) complètent suffisamment les indications nécessaires.

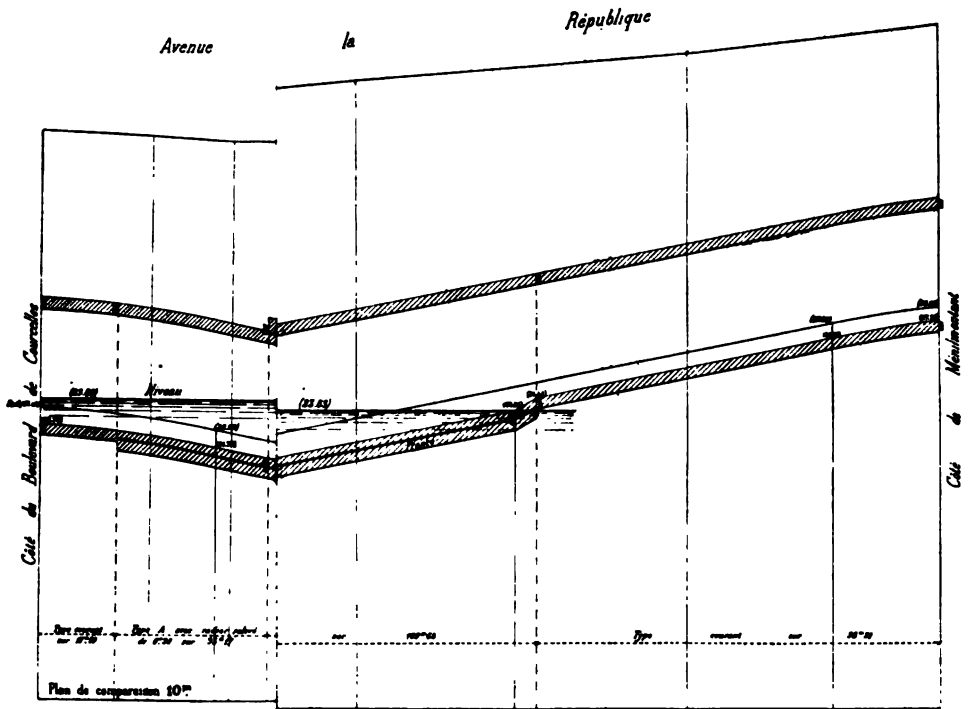
g. *Passage sous le canal Saint-Martin.* — A la traversée du boulevard Richard-Lenoir, la ligne n° 3 passe obliquement sous le canal Saint-Martin. Ce passage, déjà délicat par lui-même, était rendu plus difficile encore du fait de la présence en ce point d'une nappe aquifère souterraine dans laquelle le souterrain se trouvait entièrement plongé sur une certaine longueur.

A une distance de 115 mètres de la station « Place de la République », le profil s'abaisse rapidement par une pente de 0,04 sur 155 mètres de longueur pour passer, presque en palier, sous le canal. En ce point, le radier du souterrain est à la cote 16,52 m., le dessous du radier du canal à la cote 26,74 m. ; une hauteur libre de 3,70 m. sépare ce dernier point de l'extrados du souterrain. Après le canal, le profil de la ligne se relève par une rampe de 0,04 sur 239 mètres de longueur (on sait que la déclivité de 0,04 constitue le maximum fixé par le cahier des charges).

Comme il est dit ci-dessus, le souterrain traverse en sa partie profonde la nappe aquifère dont le niveau est à la cote 23,83 m. La figure 168 montre la situation et les positions respectives du canal, du souterrain et de la nappe.

Pour protéger le souterrain contre les infiltrations, on a adopté des types spéciaux à section renforcée, avec chape imperméable interposée dans les maçonneries. Ces types, désignés par les lettres A et B, sont au nombre de deux : le premier (type A) a été employé dans la partie où le souterrain pénètre dans la nappe sans que le niveau de cette dernière dépasse celui des naissances de la voûte ; le second (type B) a été appliqué dans la partie la plus basse du profil où le niveau de la nappe atteint, puis dépasse celui des naissances pour s'élever peu à peu au-dessus même de l'extrados.

Les types A et B ne diffèrent d'ailleurs entre eux qu'en ce qui





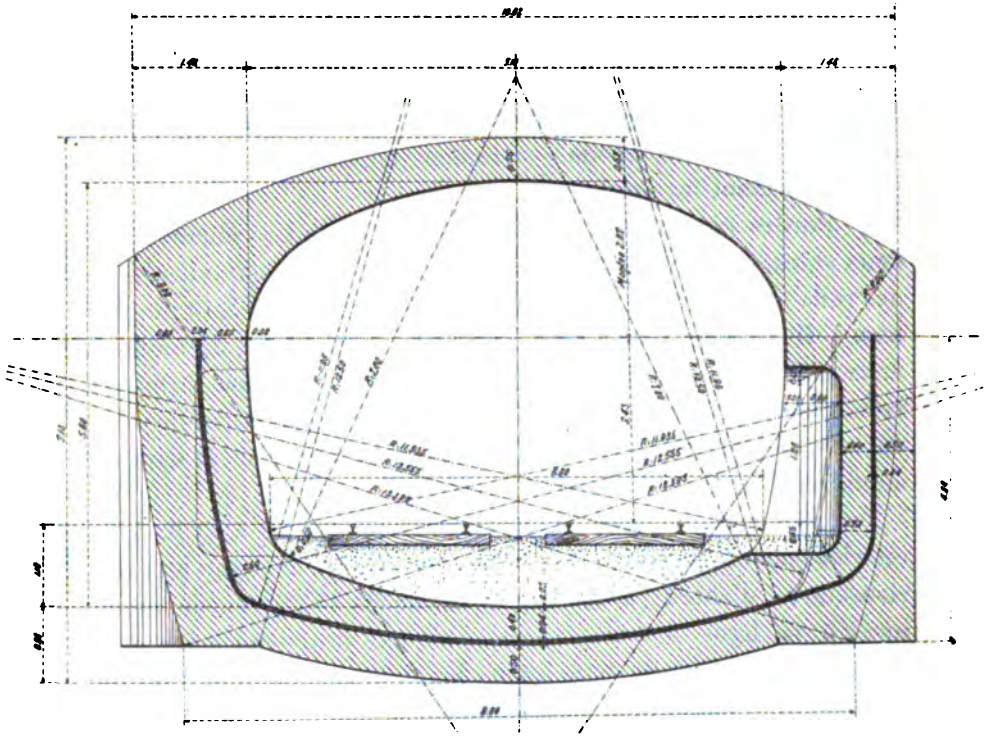


Fig. 169. (Éch. 1/100). — Type A. Coupe transversale.

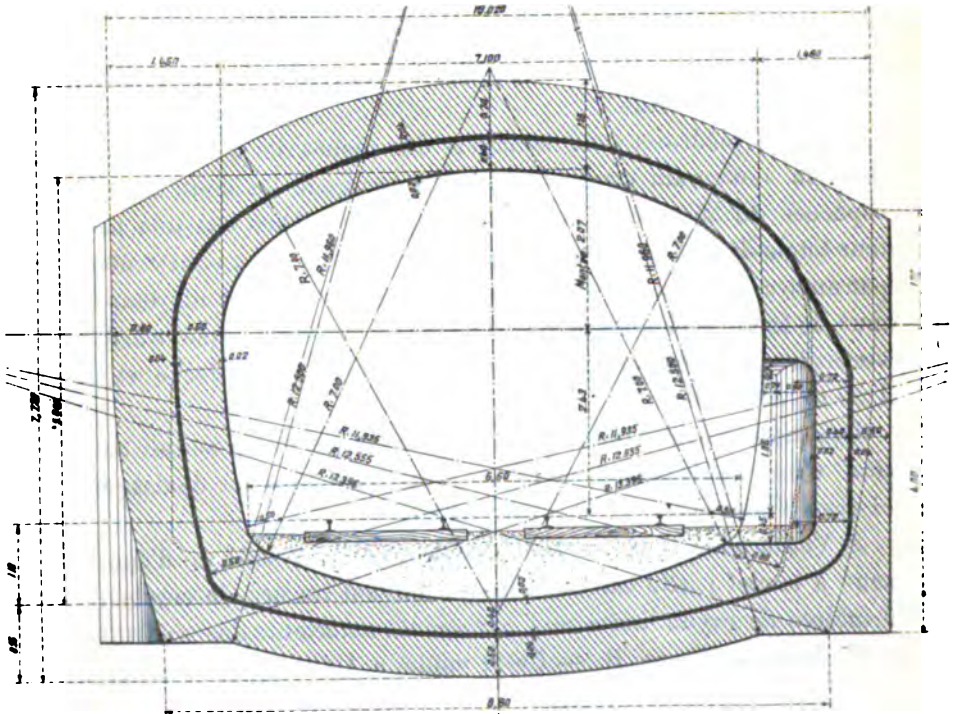


Fig. 170. (Éch. 1/100). — Type B. Coupe transversale.

concerne la voûte ; les piédroits et le radier sont identiques dans les deux cas. Nous allons en donner la description sommaire que complètent les figures 169 et 170.

1° Parties communes aux types A et B. — Le souterrain, à deux voies, a intérieurement une largeur de 6,60 m. au niveau des rails et 7,10 m. au niveau des naissances situé à 2,43 m. plus haut ; il comporte une voûte elliptique de 2,07 m. de montée. deux piédroits de 2,52 m. de hauteur et un radier en forme de voûte renversée dont le point le plus bas est à 1,10 m. au-dessous du niveau supérieur des rails, ce qui porte à 5,60 m. la hauteur maximum sur l'axe de l'ouvrage dans œuvre.

Les piédroits ont 1,46 m. d'épaisseur totale ; ils sont limités, intérieurement par un arc de cercle de 11,933 m. de rayon et, extérieurement, d'abord par un arc de cercle de 13,393 m. de rayon jusqu'à la ligne des naissances, puis par la tangente verticale audit arc au-dessus de cette ligne ; les centres des deux arcs de cercle sont sur la ligne des naissances. Les piédroits sont formés de deux parties ayant respectivement 0,62 m. et 0,80 m. d'épaisseur en allant de l'intérieur vers l'extérieur du souterrain ; ces deux parties sont séparées par une chape continue, de 0,04 m. d'épaisseur, qui, pour le type B, est raccordée avec la chape intérieure de la voûte.

Dans les piédroits sont ménagées des niches disposées, comme dans le souterrain courant, en quinconce sur les deux côtés et espacées de 25 mètres d'axe en axe. Ces niches ont une hauteur totale de 2,46 m. et une largeur de 1,50 m. ; elles sont voûtées par un arc de cercle de 0,15 m. de flèche ; le parement intérieur du mur de fond de chaque niche est en forme de voûte à génératrices verticales suivant un arc de cercle de 0,50 m. de flèche et de 1,50 m. de corde.

Les maçonneries sont revêtues intérieurement d'un enduit continu d'une épaisseur de 0,02 m. comprise dans les épaisseurs ci-dessus indiquées.

2° Voûte du type A. — La voûte de ce type a 0,57 m. d'épaisseur à la clef ; elle est extradossée suivant un arc de cercle de 9 mètres de rayon limité aux parements extérieurs des piédroits.

3° Voûte du type B. — Cette voûte a 1,16 m. d'épaisseur à

la clef ; elle est extradossée suivant un arc de cercle de 7 mètres de rayon dans la partie centrale, prolongé par les deux tangentes aux extrémités de cet arc jusqu'aux parements extérieurs des piédroits. Elle est formée de deux parties séparées par une chape continue de 0,04 m. d'épaisseur ; la partie intérieure, comprise entre la courbe d'intrados et une ellipse de 2,49 m. de montée et de 8,30 m. d'ouverture, a 0,42 m. d'épaisseur à la clef ; la partie extérieure, comprise entre la chape intermédiaire et l'arc de cercle

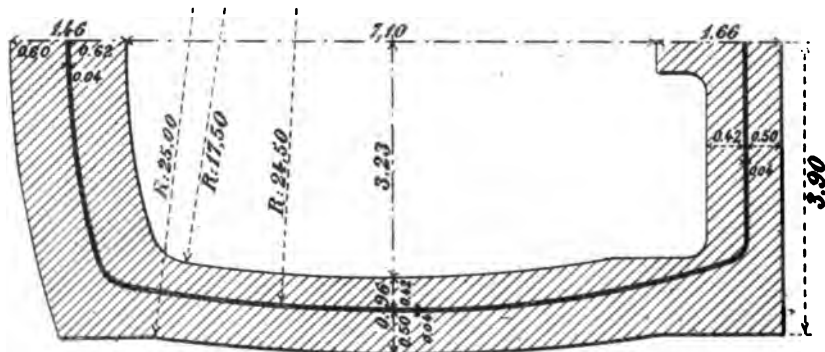


Fig. 171. (Éch 1,100). Types A et B modifiés (avec radier relevé de 0,30 m).

d'extrados, a 0,70 m. d'épaisseur à la clef. La chape intermédiaire se raccorde, sur la ligne des naissances, à la chape de même nature des piédroits.

Pour les deux types A et B, la section entière a été construite en maçonnerie de meulière hourdée au mortier de ciment de Portland ; la chape intermédiaire a été faite en ciment de la Porte-de-France.

En exécution, une modification a été apportée aux types A et B sur une certaine partie de la longueur où ils étaient prévus ; elle consiste en un relèvement du radier dont les rayons extérieur et intérieur ont été portés respectivement de 12,50 m. et 7 mètres à 25,00 m et 17,50 m ; celui de la chape intermédiaire a été porté de 11,96 m. à 24,50 m. (voir fig. 171). La comparaison de cette dernière figure avec les figures 169 et 170 montre que cette modification a eu pour effet de relever le radier de 0,30 m.

La figure 168 donne l'indication des parties où ces divers types (A, B ; A et B modifiés) ont été appliqués.

Anciennement, le canal Saint-Martin était dépourvu de radier, au moins dans la partie qui nous intéresse ici. On aurait donc pu craindre que, malgré tout le soin désirable apporté dans la construction de la ligne n° 3, des mouvements du sol se produisissent ultérieurement, entraînant une partie des eaux du canal dans le terrain avoisinant. Pour parer à cette redoutable éventualité, le plafond du canal a été revêtu d'un radier en béton armé formant une véritable bêche résistante et imperméable. Le détail des dispositions adoptées pour cet ouvrage sera donné plus loin (Exécution des travaux).

h. *Raccordement de service entre les lignes n° 2 Nord et n° 3.* — La ligne n° 3 passe sur la ligne n° 2 Nord qu'elle croise à la

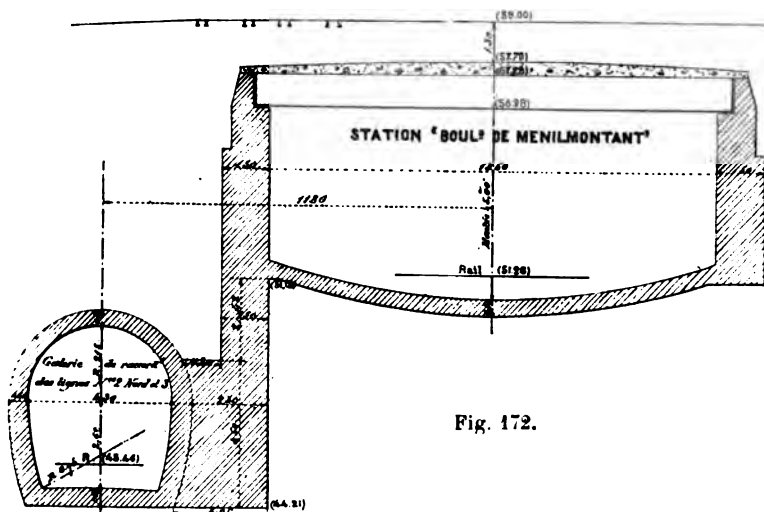


Fig. 172.

traversée du boulevard de Ménilmontant. La ligne inférieure a été construite la première, de telle sorte que la construction de la ligne n° 3, au point de croisement, s'est effectuée sans difficultés et n'a exigé l'emploi d'aucun ouvrage spécial.

Les deux lignes sont reliées par une galerie à voie simple, formant raccordement de service, établie dans l'angle obtus, côté de Paris, des deux tracés. Nous avons donné déjà¹ le plan d'ensemble de cet ouvrage; la figure 1 (pl. LII) montre, en plan, le détail de la culotte de jonction avec le souterrain de la ligne n° 3; en section

¹ Tome I, pl. XVIII, fig. 13.

transversale, cet ouvrage ne diffère pas de ceux de même nature dont nous avons donné précédemment des exemples. Un point seulement est à signaler ici. A partir de son origine à la ligne n° 3, la galerie de raccordement s'enfonce progressivement pour atteindre, à son extrémité opposée, le niveau de la ligne n° 2 Nord; or, sous l'avenue de la République, les deux souterrains (ligne 3 et raccordement) sont étroitement juxtaposés en plan; il en résulte qu'à l'angle de ladite avenue et du boulevard de Ménilmontant, les deux ouvrages, toujours accolés en plan, se trouvent à des niveaux très différents. Cette situation a nécessité l'adoption de mesures spéciales consistant en un prolongement du piédroit correspondant de la station « Boulevard de Ménilmontant » qui, à sa partie inférieure, forme contrefort de la galerie de raccordement; cette disposition est représentée en coupe transversale par la figure 172.

i. *Passage sur le chemin de fer de Ceinture.* — La ligne n° 3 croise le chemin de fer de Ceinture sous la place Martin-Nadaud, un peu avant la station métropolitaine de ce nom (fig. 2, pl. LII); le souterrain franchit, presque à angle droit et par en dessus, le tunnel dit du Père-Lachaise. En cet endroit, le dessous du radier du premier ouvrage affleure l'extrados du second (fig. 3, pl. LII); le passage ne présentait donc aucune espèce de difficulté. Toutefois, le mauvais état du tunnel de la Ceinture rendait nécessaires quelques précautions, en prévision surtout des trépidations devant résulter du passage des trains.

Les dispositions adoptées sont extrêmement simples; elles ont été encore facilitées par la nature du terrain qui, sur ce point, est composé de la première masse de gypse compacte, non exploitée. On a donné au radier du Métropolitain la forme d'une voûte dont l'intrados a épousé la forme d'extrados du tunnel; la voûte ainsi formée repose, de part et d'autre de ce dernier, sur la masse du gypse taillé de façon à former sommiers; elle est composée de maçonnerie de meulière appareillée en forme de voussoirs, hourdée au mortier de ciment de Portland. La face supérieure du radier du Métropolitain, qui représente l'extrados de cette sorte de voûte, a été renflée, dans l'étendue de cette dernière, suivant un arc de cercle de 80 mètres de rayon environ, ce qui a

porté son épaisseur à 0,60 m. au-dessus de la clef du tunnel de Ceinture (fig. 3, pl. LII), sauf une rigole centrale de 0,20 m. de largeur ménagée sur l'axe longitudinal du souterrain métropolitain, où l'épaisseur normale de 0,50 m. a été conservée pour ne pas briser la ligne d'écoulement des eaux sur le radier.

Ces dispositions ont été réalisées après entente entre les Ingénieurs du Métropolitain et ceux de la Ceinture.

j. *Terminus de Ménilmontant.* — Dès son débouché sur la place Gambetta, la ligne principale se divise en deux branches bifurquant pour s'engager, l'une sous la rue Belgrand (côté de l'arrivée), l'autre sous l'avenue Gambetta (côté du départ); ces deux branches sont mises en communication, pour la manœuvre des trains, par une boucle à deux voies s'étendant de l'une à l'autre en passant sous le square Tenon et la rue de la Chine (fig. 173).

Dans toute cette partie de la ligne et même depuis le boulevard de Ménilmontant, la nature des terrains rencontrés (remblais, marnes mouillées, sables bouillants, etc.), a nécessité de nombreuses modifications aux types courants des ouvrages (fondations, renforcement des maçonneries, travaux confortatifs divers, etc.). Nous ne passerons en revue ici que les ouvrages dont les dispositions spéciales étaient commandées par leur destination même et non par les circonstances locales accidentelles; les ouvrages de cette dernière catégorie seront décrits plus loin en même temps que les procédés d'exécution adoptés. Parmi les premiers, compris dans le terminus défini ci-dessus, nous citerons : les ouvrages d'épanouissement de la place Gambetta, de l'avenue de ce nom et de la rue Belgrand; les stations de la place Gambetta; les fosses de visite.

1° *Ouvrages d'épanouissement.* — L'ouvrage de la place Gambetta, le plus important, ne diffère pas dans ses dispositions essentielles, de ceux de même nature qui ont déjà été décrits. Le plan (fig. 4, pl. LII) et la coupe transversale au point de plus grande portée (fig. 5) que nous en donnons, dispensent de toute description. On remarquera seulement sur le plan que les parties de souterrains comprises entre la « culotte » elle-même et les stations voisines, sont dédoublées chacune en deux galeries jumelles à une voie. Les

coupes (fig. 5 et 6) définissent les positions respectives des débouchés de ces souterrains jumeaux dans l'ouvrage d'épanouissement.

Les ouvrages de même nature de la rue Belgrand et de l'avenue Gambetta présentent des dispositions analogues ; il est donc inutile de s'y arrêter ; le plan général (fig. 173) en donne une idée suffisante.

2° Stations « *Place Gambetta* ». — Par une disposition analogue à celle déjà employée sur les premières lignes pour les stations terminales (Porte de Vincennes, Porte Maillot, Porte Dauphine), le terminus de la ligne n° 3 à Ménilmontant comporte deux stations distinctes, l'une pour l'arrivée, l'autre pour le départ. Le passage des trains de la première à la seconde se fait de façon très simple par la boucle à laquelle le vaste espace libre compris sous le square Tenon a permis de donner, dans les parties courbes, des rayons de 50 mètres au minimum, condition très heureuse pour la marche des trains.

Les deux stations, arrivée et départ, sont à quai central d'une largeur de 4,20 m. pour la première et de 4,08 m. pour la seconde ; cette disposition permet de ranger les trains à volonté sur l'une ou l'autre des deux voies et facilite, par suite, les manœuvres de débarquement et d'embarquement des voyageurs.

En outre, toutes deux sont munies, sur toute leur longueur et sous chaque voie, de fosses de visite pour le matériel roulant.

Ces dispositions ont entraîné, dans les dimensions transversales de ces stations, des changements notables par rapport au type normal des stations voûtées. Leur longueur, au lieu de 75 mètres, est de 81,05 m. pour la station d'arrivée, et 81,65 m. pour la station de départ ; leur largeur dans œuvre, aux naissances, situées à 2 mètres au-dessus des rails, est de 11,70 m. ; elle comporte une voûte à intrados elliptique de 3 mètres de montée et un radier horizontal de 0,50 m. d'épaisseur placé à 1,60 m. au-dessous du niveau supérieur des rails, ce qui donne à l'ouvrage une hauteur totale sur l'axe, dans œuvre, de 6,60 m. (fig. 174). La voûte, dont l'épaisseur à la clef sur l'axe est de 0,75 m. est extradossée suivant un arc de cercle de 15 mètres de rayon. Les deux extradosses de la voûte et du radier sont réunis à leurs extré-

mités par deux parements verticaux de 5,432 m. de hauteur, situés à 7,85 m. de part et d'autre de l'axe, ce qui donne aux piédroits une épaisseur de 2 mètres à hauteur des naissances de l'intrados de la voûte.

Ce dernier est réuni à la face supérieure du radier par deux arcs

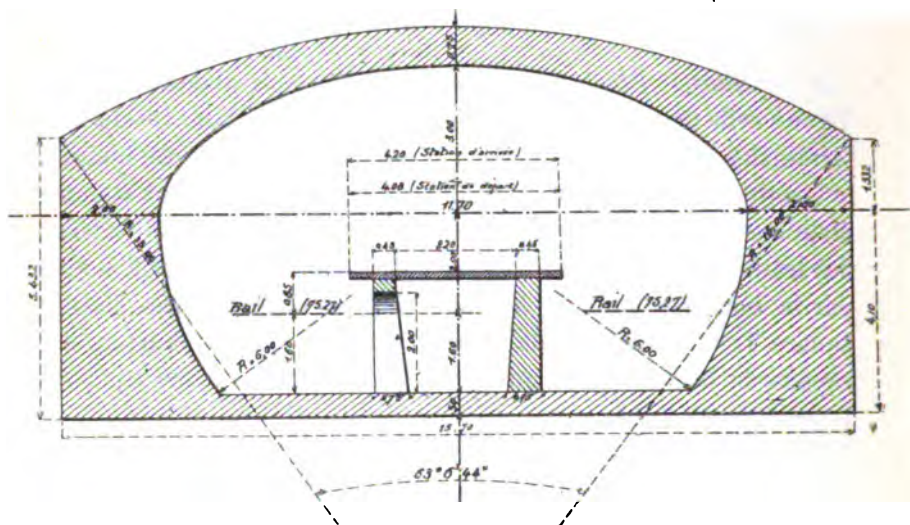


Fig. 174. — Stations « Place Gambetta ». Coupe transversale.

de cercle de 6 mètres de rayon, dont les centres respectifs sont situés sur la ligne des naissances.

Le quai central de chaque station est constitué par une plateforme en ciment armé reposant sur deux murettes longitudinales espacées de 2,20 m. au sommet et élevées sur le radier de la station. La face supérieure du quai est placée à 0,85 m. au-dessus des rails, comme dans les autres stations.

Les figures 7 et 8 (pl. LII) donnent, en coupe transversale et en plan, la constitution de la plateforme en ciment armé du quai de la station d'arrivée; celui de la station de départ est de composition identique et ne diffère du premier que par sa largeur qui est de 4,08 m. au lieu de 4,20 m. Ils se composent donc tous deux d'une armature en fers ronds de diamètre et d'espacement variant suivant leur position en coupe transversale (fig. 7); le tout, enrobé dans un hourdis en ciment de 0,14 m. d'épaisseur totale, a été établi en vue de pouvoir supporter une charge de 600 kilogrammes

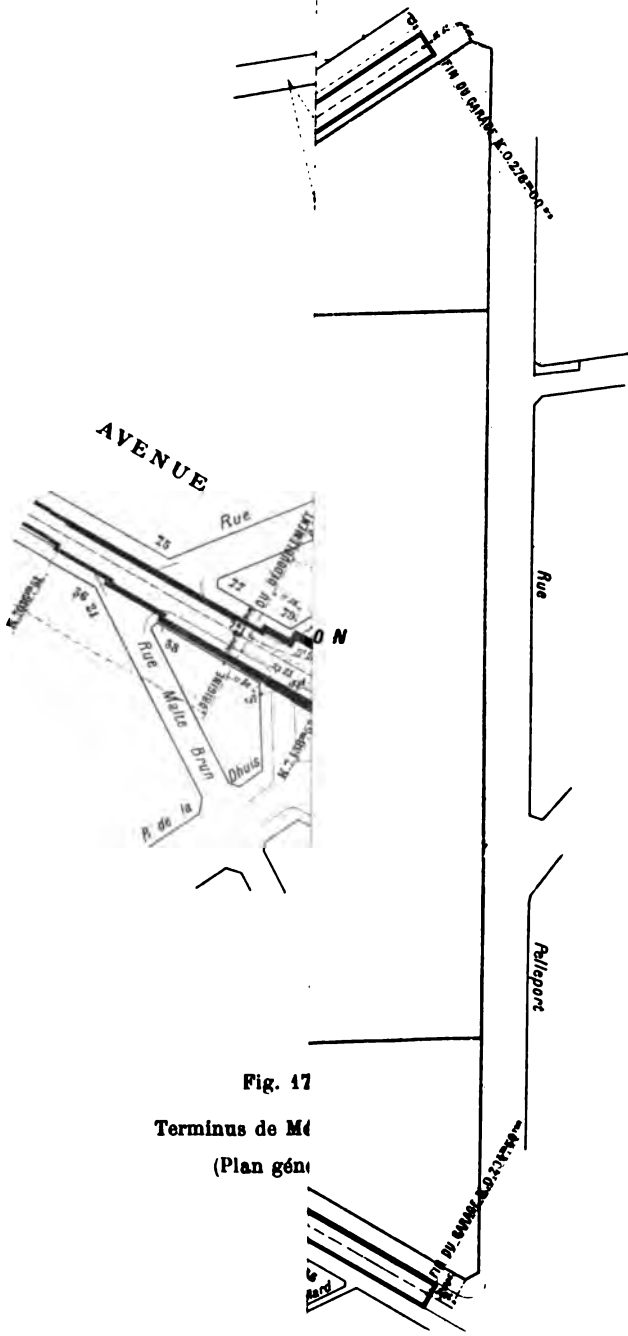


Fig. 17
 Terminus de Mét
 (Plan géométrique)

par mètre superficiel sans qu'il se produisît ni fissures ni déformation permanente dans la plateforme de l'ouvrage.

3° *Fosses de visite*. — Des fosses de visite, analogues à celles dont il a été parlé à l'occasion de la boucle du parc Monceau, ont été établies en divers points du terminus de Ménilmontant : dans toute la longueur et sous chacune des deux voies des deux stations d'arrivée et de départ ; sur une longueur de 25 mètres dans le souterrain de la rue Belgrand (de *a* à *b* du plan, fig. 173) ; enfin dans la partie de la branche de l'avenue Gambetta comprise entre la rue de la Chine et la rue Pelleport (de *c* à *d* du plan). Il est inutile de répéter ce qui a été déjà dit à ce sujet pour le terminus Monceau ; nous donnerons simplement (fig. 9, pl. LII) une coupe transversale de la station de départ montrant le dispositif adopté pour la mise en place des chevalets qui, ici, sont espacés, dans le sens longitudinal de la voie, de 1 mètre d'axe en axe de chaque montant vertical extérieur.

XI. — EXÉCUTION DES TRAVAUX

a. **Travaux préliminaires**. — L'établissement de la ligne n° 3, comme celui des lignes déjà construites, a nécessité l'exécution préalable de travaux de déviations et modifications de conduites d'eau. Par contre, des sondages exécutés sur divers points de la ligne ont démontré l'absence de carrières dans la région ayant pu être exploitée anciennement (gypse) dans le 20^e arrondissement, sur le tracé de la ligne. On a seulement rencontré, à l'origine de l'avenue Gambetta, d'anciennes exploitations à ciel ouvert, depuis longtemps remblayées ; dans cette partie, le souterrain a reçu des fondations spéciales reposant, à travers le remblai, sur le sol dur. Il n'y a donc pas eu, ici, de travaux de consolidation de carrières proprement dits.

1° *Modifications et déviations d'égouts*. — Les travaux préliminaires d'égouts comportaient, tout d'abord, une opération considérable en soi : le prolongement du collecteur de Clichy. Cette artère magistrale, qui s'arrêtait à la place de la Trinité, a dû être prolongée pour permettre les déviations d'égouts secondaires

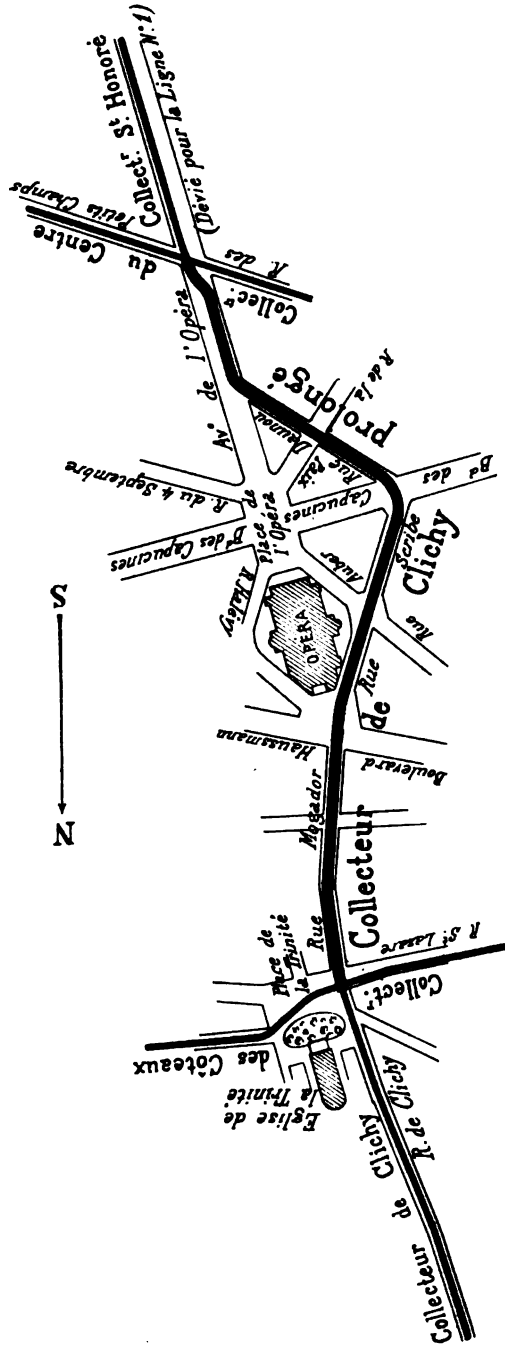


Fig. 175. — Prolongement du collecteur de Clichy. Plan général du tracé.

qu'exigeait la ligne n° 3 et, par conséquent, pour rendre possible la construction de la ligne elle-même.

Dans l'étude du tracé à adopter pour ce prolongement il a été tenu compte, non-seulement des besoins de la ligne n° 3, mais aussi de ceux de la ligne n° 7 (Palais Royal Place du Danube) qui emprunte l'avenue de l'Opéra. Finalement le tracé fut fixé par les

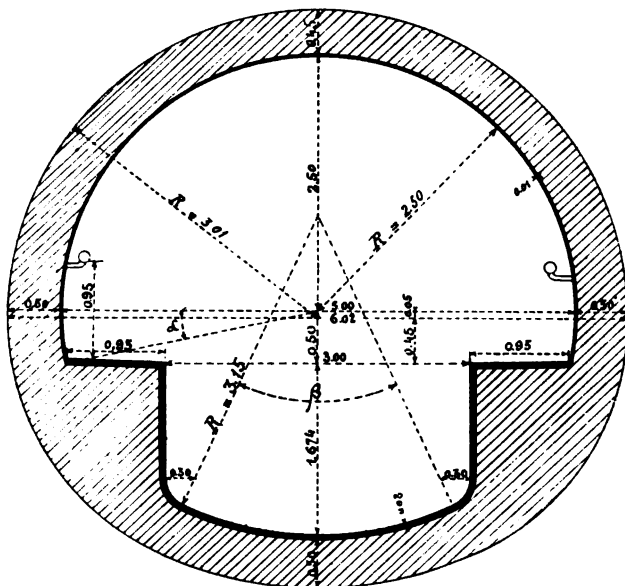


Fig. 176. (Échelle 1/75).
Collecteur de Clichy prolongé. Coupe transversale.

rues Mogador et Scribe et prolongé, par la rue Daunou et l'avenue de l'Opéra, jusqu'au collecteur du Centre coupé à la rue des Petits-Champs par la future ligne n° 7 (fig. 175).

La section adoptée (fig. 176) est semblable à celle que le collecteur présente à son extrémité, place de la Trinité ; c'est un type à cunette de 3 mètres de largeur, et de profondeur variant de 2 mètres à l'aval à 1,50 m. à l'amont, avec banquettes de 0,95 m. de largeur. Le profil en long offre une longueur totale de 1133,20 m. et une pente uniforme de 0,00068 m. par mètre, supérieure à celle des principaux collecteurs parisiens dans lesquels la vitesse de l'eau est déjà relativement grande.

Le collecteur a été muni de regards doubles dont les figures 1

à 3 (pl. LIII) montrent le détail. Au carrefour de la rue des Petits-Champs et de l'avenue de l'Opéra, le nouvel émissaire se raccorde avec le collecteur du Centre et le collecteur Saint-Honoré qui suivent, respectivement, les deux voies ci-dessus; ce raccordement constitue un ouvrage relativement complexe dont nous croyons intéressant de faire connaître les dispositions (fig. 4 à 9).

Les terrains rencontrés par le tracé se présentaient dans de bonnes conditions pour l'exécution de l'ouvrage; ils se composaient d'une couche supérieure de remblai variant de 2,60 m. à 3 mètres d'épaisseur, puis d'une couche de terre végétale reposant sur les anciennes alluvions sablonneuses que traverse la nappe sous-jacente à une altitude inférieure à celle du radier du collecteur.

Un délai de neuf mois était imparti, par le cahier des charges de l'entreprise, pour l'achèvement des travaux; une amende ou une prime de 500 francs était stipulée pour chaque jour de retard ou d'avance sur ce délai.

Des dispositions spéciales ont dû être adoptées au point de rencontre du collecteur avec la ligne n° 3, au carrefour des rues Scribe et Auber; le détail de ces dispositions a été donné précédemment (Ouvrages spéciaux).

La dépense totale prévue pour le prolongement ci-dessus défini du collecteur de Clichy s'élevait, d'après le projet d'exécution, à la somme de 1 370 000 francs ainsi répartie :

a. Travaux à l'entreprise (à adjudger)	1 068 588,73 fr.
b. Somme à valoir pour travaux divers et dépenses imprévues	135 421,27 --
c. Frais de surveillance	25 000,00 --
d. Fournitures et travaux divers	130 490,00 --
e. Frais de personnel	10 500,00 --
Total	1 370 000,00 fr.

Les travaux de la catégorie *a* ont été adjugés, le 27 juillet 1904, à M. Allard, entrepreneur, quai de Jemmapes, n° 46, à Paris, moyennant un rabais de 24,30 fr. p. 100

Les prévisions du projet comportaient l'exécution : 1° à ciel ouvert, de la partie comprise entre le raccordement au droit de

l'église de la Trinité et le boulevard Haussmann, par la rue Mogador, soit une longueur de 350 mètres environ ; 2° en souterrain, du surplus jusqu'à la rue des Petits-Champs, soit une longueur de 780 mètres environ. Le bordereau des prix comprenait donc deux prix composés respectivement applicables aux deux procédés d'exécution prévus. En outre, un troisième prix était inséré audit bordereau, correspondant à un procédé mixte : construction de la voûte en tranchée ouverte, puis reprise en sous-œuvre du surplus de l'ouvrage ; cette dernière prévision pour le cas où, dans la rue Mogador, le travail n'eût pu être fait entièrement en tranchée ouverte.

En fait, le collecteur a pu être exécuté entièrement en souterrain, au grand bénéfice de la circulation publique dont la gêne momentanée a été ainsi réduite au minimum compatible avec l'établissement d'un ouvrage aussi important.

A titre de renseignement, nous croyons devoir donner ci-dessous les trois prix composés dont il vient d'être parlé, bien que l'un d'eux seul ait été finalement appliqué :

1° Mètre linéaire d'égout collecteur type spécial A (fig. 176) entièrement construit en souterrain, en maçonnerie de meulière avec ciment de laitier dosé à 350 kilogrammes ou de Portland dosé à 300 kilogrammes par mètre cube de sable dragué, compris en général toutes mains-d'œuvre et fournitures. . . . 820 fr.

2° Mètre linéaire d'égout collecteur type spécial construit en tranchée ouverte, en maçonnerie de meulière avec ciment de Vassy dosé à 350 kilogrammes par mètre cube de sable dragué, compris toutes mains-d'œuvre et fournitures. . . . 755 fr.

3° Mètre linéaire d'égout collecteur type spécial construit en tranchée ouverte pour la partie supérieure au-dessus des naissances de la voûte, la partie inférieure étant reprise en sous-œuvre, avec maçonnerie faite en ciment de Vassy à 350 kilogrammes dans la partie à ciel ouvert et en ciment de Portland ou de laitier à 300 kilogrammes dans la partie en sous-œuvre, compris toutes mains-d'œuvre et fournitures. . . . 820 fr.

Les prix ci-dessus étaient applicables en ce qui concerne la fouille en limon, argile, glaise, marne, gravois, sable, cailloux, craie, rognons siliceux ou autres et, en général, aux déblais de

toute nature, secs ou mouillés, autres que le gypse et la roche dure rencontrés par blocs isolés de plus de 0,250 m³ ou par banc continu de 0,20 m. d'épaisseur; ils comprenaient la fouille, le dressement des parois de la fouille, le chargement des déblais et leur roulage en galerie, leur extraction et leur transport en dehors des puits de service ou des galeries provisoires, leur dépôt sur berge, leur reprise et transport aux décharges publiques; les frais quelconques d'étalement, de boisages, de bourrages, de bois perdus ou abandonnés dans les fouilles, etc.; toutes les sujétions résultant de la rencontre d'égouts, de conduites d'eau ou autres maintenus en service; les frais divers d'ouverture et de remblaiement soignés de puits de service ou de galeries provisoires, d'éclairage, d'assainissement, etc.; enfin la ventilation des galeries.

Les enduits de voûte et de piédroits, de 0,04 m. d'épaisseur, ont été faits en mortier de ciment de Vassy dosé à 900 kilogrammes de ciment par mètre cube de sable tamisé; ceux des banquettes et du radier, de 0,03 m. d'épaisseur, en mortier de ciment de Portland dosé à 650 kilogrammes de ciment par mètre cube de sable tamisé. Dans les parties exécutées en tranchée ouverte, l'extrados complet de la voûte devait être recouvert d'une chape en mortier de ciment de Vassy, de 0,02 m. d'épaisseur, au dosage de 450 kilogrammes.

Indépendamment du prolongement du collecteur de Clichy, la construction de la ligne n° 3 a nécessité un certain nombre de déviations ou modifications d'égouts, moins importantes chacune que la première opération, mais constituant par leur ensemble un travail considérable et complexe, correspondant à une dépense élevée; nous ne citerons que les plus importantes de ces diverses opérations.

Sous la rue de Rome, on a dû procéder: 1° à la reconstruction des égouts en service de chaque côté de la station « Place de l'Europe »; 2° à la déviation de l'égout, côté pair, au droit de la station « Gare Saint-Lazare »; 3° à la reconstruction de l'égout impair entre les rues de l'Arcade et de la Pépinière; 4° à la transformation du collecteur des Coteaux en égout secondaire, entre les collecteurs d'Asnières et de Clichy; à l'aménagement du collec-

teur de Provence en égout élémentaire, entre la rue Mogador et le boulevard Malesherbes.

Sous la rue Auber, les deux égouts ont dû être reconstruits au droit de la station « Rue Caumartin ».

Un nouveau collecteur a été établi sous les rues du Helder et Taitbout, pour écouler vers le collecteur de Provence les eaux de l'égout impair du boulevard des Capucines coupé par la ligne n° 3 à la place de l'Opéra.

Rue du Quatre-Septembre, l'égout qui desservait le côté impair entre la rue Louis-le-Grand et l'avenue de l'Opéra, a été reconstruit et ses eaux dirigées vers le collecteur de Clichy. Les stations « Rue du Quatre-Septembre » et « La Bourse » ont entraîné la reconstruction des égouts existants au droit de chacune d'elles.

Rue Réaumur, les eaux du collecteur de la rue Montmartre ont été envoyées dans le collecteur Réaumur dévié par un nouveau collecteur établi rues de Cléry et Poissonnière, boulevard Bonne-Nouvelle et rue d'Hauteville.

Il a fallu, d'autre part : 1° transformer en collecteurs secondaires à cunette de 0,60 m. de largeur, l'égout des boulevards des Capucines et de la Madeleine, entre les collecteurs de Clichy et d'Asnières, c'est-à-dire entre les rues Scribe et Royale ; 2° construire sous les boulevards de la Madeleine et des Capucines, dans la partie ci-dessus, c'est-à-dire entre le boulevard Malesherbes et la rue Scribe, une galerie de décharge du collecteur d'Asnières vers le collecteur de Clichy pour remplacer l'ancien collecteur des Coteaux coupé rue Saint-Lazare, au droit de la rue de Rome.

Rue Turbigo et place de la République, un collecteur secondaire a été établi par les rues du Vertbois, Saint-Martin et Salomon-de-Caus, pour capter les eaux du côté Ouest de la place de la République et celles du collecteur Volta ; avenue de la République, les égouts pair et impair ont été déplacés et reconstruits aux abords du boulevard de Ménilmontant.

Enfin, place Gambetta et aux abords, les égouts ont dû subir de nombreuses modifications dont le détail est sans intérêt.

La dépense totale prévue s'élevait à 1 878 000 francs, savoir :

370 LE CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN MUNICIPAL DE PARIS

Travaux à l'entreprise	1 569 950,72 fr.
Fournitures et travaux divers	53 761,00 —
Somme à valoir pour imprévus	149 243,28 —
Frais de surveillance	82 950,00 —
Indemnités au personnel	22 095,00 —
Total	1 878 000,00 fr.

L'ensemble des travaux d'égouts ci-dessus définis, non compris le prolongement du collecteur de Clichy, comportait deux catégories : 1° ceux qui devaient faire l'objet d'une adjudication publique spéciale; 2° ceux qui pouvaient être confiés aux entrepreneurs adjudicataires des travaux d'entretien à exécuter pour les ouvrages dépendant des services techniques des Eaux et de l'Assainissement, dans les lots desquels ils se trouvaient situés.

Les travaux de la première catégorie ont été adjugés le 22 février 1902; ils comprenaient 3 lots dont le détail est donné par le tableau n° 10 :

TABLEAU N° 10.

DÉSIGNATION DES LOTS	ESTIMATION	ADJUDICATAIRES	R A B A I S consentis p. 100.
	fr.		fr.
Construction d'un collecteur de types spéciaux B et C, entre les rues Réaumur et des Petites-Ecuries, par les rues de Cléry et Poissonnière, le boulevard Bonne-Nouvelle et la rue d'Hauteville.	366 351,00	M. Pacotte, rue de Flandre, n° 168.	22,90
Construction d'un collecteur à voie de 1,20 m. du type A, boulevards de la Madeleine et des Capucines (côté pair), entre le collecteur d'Asnières et la rue Scribe.	204 613,14	MM. Viallard et Bouchut, rue Cambronne, n° 36.	25,10
Construction d'un égout du type H', rue du Helder y compris la traversée du boulevard des Italiens et la rue Taitbout, entre le boulevard Haussmann et la rue de Provence.	90 283,47	M. Martin, passage des Suisses, n° 3.	27,30

2° *Modifications et déviations de conduites d'eau.* — Ces travaux se composent d'une quantité de petites opérations dans le détail desquelles il est superflu d'entrer ici; il suffira d'en donner un aperçu sommaire.

L'ensemble peut être divisé en trois catégories principales :

1° Mise en galerie de conduites existantes en terre (conduites d'eau d'Avre de 0,80 m. boulevard de Courcelles) ;

2° Rétablissement au-dessus du souterrain du Métropolitain, dans des galeries spéciales, des nombreuses conduites rencontrées transversalement par le tracé de la ligne ;

3° Report des conduites d'eau dans les égouts déplacés latéralement et reportés le long des immeubles riverains :

A. Sur le parcours même de la ligne — Rue de Constantinople sur une longueur de 380 mètres de chaque côté ; sur le côté des stations « Place de l'Europe », « Rue Caumartin », « Rue du Quatre-Septembre », « La Bourse », « Rue du Sentier », « Boulevard de Ménilmontant » et « Place Gambetta ». Environ 4 500 mètres de conduites.

B. En dehors du tracé de la ligne, sur le parcours des collecteurs reconstruits à l'occasion de la construction de cette dernière, rues de Mogador, du Helder, de Cléry, Poissonnière, d'Hauteville et du Vertbois. Environ 5 500 mètres de conduites.

Tous ces travaux se rapportant à la reconstruction d'ouvrages existants rentraient dans les conditions des marchés d'entretien des ouvrages dépendant des services municipaux des Eaux et des Égouts ; ils ont, par suite, été exécutés par les entrepreneurs chargés de cet entretien et n'ont pas donné lieu à adjudication spéciale.

Les dépenses prévues pour les remaniements de conduites d'eau s'élevaient à 757 000 francs, savoir :

Travaux à l'entreprise	664 310 fr.
Somme à valoir pour imprévus	66 690 —
Frais de surveillance	15 000 —
Indemnités au personnel	11 000 —
Total	<u>757 000 fr.</u>

Le tableau n° 11 donne l'ensemble des dépenses prévues pour les travaux de modifications d'égouts et de conduites d'eau nécessités par la construction de la ligne n° 3.

b. **Travaux du chemin de fer.** — Au point de vue de l'exécution des travaux, la ligne n° 3 a été partagée en trois sections d'ingénieurs, dénommées sections Ouest, Centre et Est, et correspon-

dant respectivement à un, quatre et deux lots d'entreprise. Cette division très inégale peut surprendre au premier abord; mais il convient de remarquer que les ingénieurs affectés à la construction de cette ligne l'étaient, simultanément, de celle des autres lignes en cours (lignes n^{os} 2 Sud et 4) où chacun d'eux était également chargé d'un nombre variable de lots rétablissant sensiblement l'égalité d'importance de toutes les sections, prises en leur ensemble. La conduite des travaux de chaque lot d'entreprise a été confiée à un conducteur, chef de la subdivision correspondante, assisté de piqueurs.

TABLEAU N^o 11.

NATURE DES DÉPENSES PRÉVUES	PROLONGEMENT du collecteur de Clichy.	MODIFICATIONS	
		d'égouts.	de conduites d'eau.
	fr.	fr.	fr.
Travaux à l'entreprise	1 068 588,73	1 569 950,72	664 310
Fournitures et travaux divers.	130 490,00	53 761,00	
Somme à valoir pour imprévus.	135 421,27	149 243,28	
Frais de surveillance.	25 000,00	82 950,00	
Indemnités au personnel.	10 500,00	22 095,00	11 000
Totaux partiels.	1 370 000,00	1 878 000,00	757 000
Totaux { pour travaux d'égouts.	3 248 000,00		
{ pour travaux de conduites { d'eau			757 000
Total général.	4 005 000,00		

La ligne comportait ainsi, en totalité, sept lots. L'un d'entre eux, comprenant le passage sous le canal Saint-Martin, avenue de la République, a été exécuté tout d'abord, avant le surplus de la ligne, pour les raisons qui seront exposées plus loin en détail (Procédés d'exécution); ce premier tronçon fit donc l'objet d'un projet spécial qui fut approuvé par délibération du Conseil municipal en date du 1^{er} juillet 1901 (arrêté préfectoral du 27 juillet de la même année). Les travaux correspondants furent adjugés, le 27 juillet 1901, à M. Hallier, entrepreneur, moyennant un rabais de 27,40 fr. p. 100.

LIGNE DU BOULEVARD DE COURCELLES A MÈNILMONTANT 373

Les six autres lots, numérotés de 1 à 6, en partant du boulevard de Courcelles, furent mis en adjudication le 24 mai 1902.

Les tableaux n° 12 et 13 donnent respectivement : le premier, la répartition de la ligne en sections, lots d'entreprise, y compris le passage sous le canal Saint-Martin; le second, les résultats des adjudications précitées des 27 juillet 1901 et 24 mai 1902.

TABLEAU n° 12.

SECTIONS d'ingénieurs.	LOTS d'entreprise.	EMPLACEMENTS DES LOTS	LONGUEUR des lots.
Ouest.	N° 1.	Boucle du parc Monceau, longueur 492,03 m. ; partie comprise entre l'origine du projet (0,499,27 k.) et l'extrémité de la station « Place de l'Europe » (0,883,14 k.), longueur 608,15 m. . .	1 100,18
Centre.	N° 2.	Du point précédent à l'origine de la station « Rue du Quatre-Septembre » (2 359 k.).	1 475,89
Id.	N° 3.	Du point précédent à l'origine de la station « Arts et Métiers » (3 861 k.).	1 502,60
Id.	N° 4.	Du point précédent à l'origine du passage sous le canal Saint-Martin et abords (4 711,68 k.).	850,08
	Sans n°		
Id.	(passage sous le canal Saint-Martin et abords).	Traversée sous le canal Saint-Martin et abords (du 4 711,68 k. au 5 220,68 k.)	509,00
Est.	N° 5.	De l'extrémité de la traversée sous le canal Saint-Martin à l'extrémité de la station « Père-Lachaise » (6277,18 k.).	1 056,50
Id.	N° 6.	Du point précédent à l'extrémité de la ligne (7 404,14 k.).	1 126,96

Il convient de remarquer que dans le lot n° 2 se trouvait l'ouvrage, particulièrement important, de superposition des lignes n° 3, 7 et 8, à la place de l'Opéra; et que le lot n° 6 comprenait le terminus de la place Gambetta dont, comme on le verra plus loin, l'exécution a été des plus difficiles. Ces deux ouvrages ont été décrits précédemment (Ouvrages spéciaux).

Aux travaux indiqués ci-dessus, il faut ajouter la modification apportée à l'ouvrage spécial dit de Villiers, en vue de permettre le prolongement projeté de la ligne n° 3 vers les fortifi-

cations¹. Ce travail, exécuté en même temps que les ouvrages de la ligne circulaire Nord auxquels il était intimement lié, a été payé sur les fonds alloués pour la construction de cette ligne ; mais ce n'est là qu'une question d'imputation comptable et la dépense doit, en réalité, être rattachée aux frais d'établissement de la ligne n° 3 pour le prolongement futur de laquelle il a été nécessité. Ce travail estimé à 500 000 francs a été confié, par voie de soumission approuvée le 28 mai 1902, à M. Gonchon, 131, rue Saussure, déjà adjudicataire du deuxième lot de la ligne Nord dont faisait partie l'ouvrage de Villiers.

TABLEAU N° 13.

LOTS	DATES d'adjudication.	ENTREPRENEURS ADJUDICATAIRES	MONTANT	RABAIS
			des lots (avant rabais).	p. 100.
			fr.	fr.
1	24 mai 1902	M. Fayaud, 1, rue de Rocroy. .	2 125 000	24,40
2	Id.	M. Chagnaud, 41, rue Saint-	3 506 000	24,70
3	Id.	Florentin	2 910 000	18,30
4	Id.	M. Allard, 46, q. de Jemmapes.	4 624 000	16,40
Passage sous le canal St-Martin.)	27 juillet 1901	M. Hallier, 41, bd. Malesherbes.	1 582 650	27,40
5	24 mai 1902	M. Fonty, 65, avenue de la République.	2 346 000	24,10
6	12 juillet 1902	MM. Thouvard et Moine, rue du Marché-Saint-Honoré, 41 . . .	3 256 000	11,30
		Total.	17 349 650	

De ce qui précède, il résulte que les dépenses de travaux du chemin de fer, mis en adjudication ou soumissionnés pour la ligne n° 3, s'élèvent en totalité à :

$$17\,349\,650 \text{ fr.} + 500\,000 \text{ fr.} = \dots\dots\dots 17\,849\,650 \text{ fr.}$$

A quoi il y a lieu d'ajouter :

¹ Voir tome I, chap. III, § VIII, p. 195 : Station « Avenue de Villiers ». Par délibération du 26 mars 1904, le Conseil municipal a décidé que ce prolongement serait poursuivi vers la porte de Champerret et non vers la porte d'Asnières, comme le portait la délibération du 31 décembre 1901.

LIGNE DU BOULEVARD DE COURCELLES A MÈNILMONTANT 375

1° Pour travaux non adjugés exécutés par les entrepreneurs d'entretien (réfections d'ouvrages municipaux) :		
1 ^{er} lot	35 000 fr.	
2 ^e —	109 000 —	
3 ^e —	28 000 —	
4 ^e —	21 000 —	
Passage sous le canal Saint-Martin . . .	35 000 —	
5 ^e lot	54 000 —	
6 ^e —	54 000 —	
Ensemble	336 000 fr.	336 000 fr.
2° Pour travaux imprévus, frais de surveillance, etc.		2 274 350 —
3° Pour frais de personnel de direction et de conduite des travaux (pour une durée prévue de deux années)		400 000 —
Total		<u>20 860 000 fr.</u>

Ces chiffres ne comprennent, bien entendu, que les travaux à la charge de la Ville de Paris, c'est-à-dire ceux d'infrastructure ; on sait que la superstructure (accès aux stations, voies, éclairage, matériel roulant, etc.) doit être établie par la Compagnie concessionnaire de l'exploitation à ses frais.

Le coût de la ligne proprement dite s'élevait donc, d'après les prévisions des projets d'exécution, au chiffre ci-dessus de 20 860 000 francs, ce qui, pour une longueur de 9 259,36 m. fait ressortir à 2 253 000 francs le prix du kilomètre courant de l'ouvrage principal. Rappelons que ce prix unitaire a été de 2 303 455 francs pour la ligne n° 1, de 2 598 000 francs pour la ligne n° 2 Nord, et de 3 855 776 francs pour la ligne n° 2 Sud. La ligne n° 3 est ici comparable à la ligne n° 1 : toutes deux sont entièrement souterraines ; la diminution de prix kilométrique de la première par rapport à la seconde peut s'expliquer, en partie, par ce fait que les rabais souscrits par les entrepreneurs, presque nuls pour la ligne n° 1, se sont élevés pour la ligne n° 3, comme le montre le tableau n° 13, à des chiffres variant entre 11,30 fr. et 27,40 fr. p. 100. L'écart entre les prix unitaires précités n'est pas proportionnel à celui constaté ci-dessus entre les rabais ; la différence provient des difficultés d'exécution ou des sujétions spéciales rencontrées sur divers points de la ligne (ouvrage spécial de l'Opéra, passage sous le canal Saint-Martin, terminus Gambetta, etc.), et qui ont contribué à relever le prix moyen kilométrique.

Nous croyons intéressant de faire connaître les prix composés adoptés pour les divers types d'ouvrages courants appliqués sur la ligne n° 3.

	PRIX APPLIQUÉS sur les lots.	
	N°s 1, 4, 5 et 6.	N°s 2 et 3.
	fr.	fr.
a. Mètre linéaire de souterrain à deux voies :		
1° Type courant, en alignement droit ou en courbe de R \geq 100 m.	1 240	1 340
2° Type élargi, pour courbes de rayon com- pris entre 50 m. et 99 m.	1 300	1 400
b. Mètre linéaire de souterrain à voie unique.	760	760
c. Mètre linéaire de tranchée couverte sous chaussée, type courant	2 420	2 500
d. Mètre linéaire de station voûtée	3 170	3 370
e. Mètre linéaire de station avec plancher mé- tallique sous chaussée, type courant	4 530	4 700

Ces prix doivent être diminués, pour chaque lot, du rabais consenti par l'adjudicataire.

c. **Coût de la ligne.** — En rapprochant les divers éléments de dépense qui ont été relatés ci-dessus, on peut établir le coût total de la ligne, tel qu'il résulte des projets, y compris les travaux préliminaires, mais non compris les travaux de superstructure.

Ce total est, dans ces conditions, de 24 865 000 francs ainsi répartis :

1° Travaux préliminaires.	{ Déviations d'égouts	3 248 000 fr.	
	{ Modifications de conduites d'eau	757 000 —	
	Ensemble		4 005 000 fr.
	Travaux adjugés.	17 849 650 fr.	
	Réfections d'ouvrages municipaux.	336 000 —	
2° Travaux du chemin de fer (infrastructure).	{ Travaux imprévus, frais de surveillance, etc.	2 274 350 —	
	{ Frais de personnel de direction et de conduite des travaux	400 000 —	
	Ensemble		20 860 000 —
	Total général		24 865 000 fr.

d. Procédés d'exécution. — Comme on l'a vu précédemment, la ligne n° 3 est entièrement souterraine ; les procédés d'exécution ne diffèrent pas sensiblement, en général, de ceux employés pour la partie souterraine des lignes circulaires Nord et Sud ou pour les lots de la ligne n° 1 exécutés sans l'aide du bouclier. Ici encore, l'emploi de cet engin était rendu facultatif ; disons de suite qu'il en est ou en sera de même pour les lignes en construction ou restant à construire. En ce qui touche la ligne n° 3, le cahier des charges stipulait que « l'ouvrage courant en souterrain pourra être exécuté au moyen d'un bouclier ou de tout autre engin équivalent.

« La fourniture, le montage et l'emploi de ces engins et de leurs accessoires ainsi que tous les droits et redevances pour brevets existants, s'il y a lieu, font partie des charges de l'entreprise.

« L'entrepreneur devra soumettre en tous cas à l'approbation des ingénieurs les dispositions détaillées des procédés qu'il se proposera d'employer ; il sera tenu d'y apporter toutes les modifications qui lui seraient prescrites dans l'intérêt de la sécurité ou de la bonne exécution des travaux.

« L'entrepreneur sera d'ailleurs responsable des accidents et tassements qui viendraient à se produire, sauf les cas où les accidents et tassements se seraient produits en dehors de son fait. Il devra en supporter toutes les conséquences, telles que réfection de chaussées, trottoirs, etc., et dommages de toute nature, notamment aux ouvrages et canalisations publics ou privés et aux maisons voisines. »

En fait, aucun des entrepreneurs de la ligne n° 3 n'a eu recours au bouclier ; ils se sont bornés à utiliser, sauf variantes appropriées aux conditions locales, les anciens procédés de fouille avec boisages.

Beaucoup de personnes se sont préoccupées des découvertes archéologiques ou autres, qu'elles supposaient devoir être nombreuses et intéressantes dans des fouilles poursuivies à travers l'ancien sol de Paris. A dire vrai, ces découvertes ont été, au contraire, relativement peu nombreuses et ne méritent guère de mention particulière ; exception doit être faite cependant pour la mise à jour de divers vestiges du vieux Paris rencontrés au cours

des travaux des deuxième et quatrième lots, place de l'Opéra et place de la République ; nous leur consacrerons plus loin quelques lignes. A titre de renseignement, nous donnons ci-dessous le texte de l'article du cahier des charges qui fixe le sort des objets rencontrés et les droits ou obligations des inventeurs :

« Tous les objets pouvant présenter un intérêt historique ou archéologique, les objets d'art et les monnaies ou médailles que l'on pourrait trouver dans les fouilles appartiendront exclusivement à la Ville de Paris, sauf indemnité à qui de droit pour leur enlèvement et leur conservation ; l'entrepreneur devra se soumettre à toutes les prescriptions qui lui seraient données par les ingénieurs. Il devra en outre assurer toute facilité pour l'accès et la surveillance des chantiers à ce point de vue, aux membres de la Commission du Vieux Paris ou à leurs délégués. »

Pour plus de clarté nous passerons successivement en revue, par lots d'entreprise, les procédés employés en signalant les particularités spéciales à chacun d'eux ; on se reportera utilement, pour la complète compréhension des explications qui vont suivre, aux indications déjà données (voir « Ouvrages spéciaux »).

Premier lot. — La fouille des déblais a été rendue fort laborieuse par la nature du terrain rencontré, composé de marnes et calcaires du travertin de Saint-Ouen, et des sables et grès de Beauchamp ; aussi a-t-on dû recourir à l'emploi de la mine (poudre Favier), surtout sous la rue de Rome, aux environs de la rue du Rocher. Mais, par contre, l'homogénéité et la solidité de ce sol ont permis de percer, dans l'axe et sur toute l'étendue du lot, deux galeries d'avancement superposées ; celle du dessous, percée la première, servait à l'évacuation des déblais ; celle du dessus, dont le ciel était établi au niveau même de l'extrados de la voûte, était utilisée pour l'amenée des matériaux de maçonnerie.

Pour le souterrain courant, on procédait ensuite aux abatages et à la construction de la voûte par anneaux de 3 mètres. La figure 1 (pl. LIV) montre, en ses deux parties, les phases successives qui viennent d'être exposées. Après enlèvement de la couche de terre de 0,70 m. à 0,80 m. d'épaisseur séparant les galeries inférieure et supérieure, et d'une partie du stross, les piédroits

étaient repris en sous-œuvre par longueurs de 3 mètres placées en quinconce. Le radier était établi en dernier lieu, après application des enduits de voûte et de piédroits.

La voûte de la station « Place de l'Europe », seule comprise dans ce lot, a été construite par anneaux de 3 mètres après exécu-

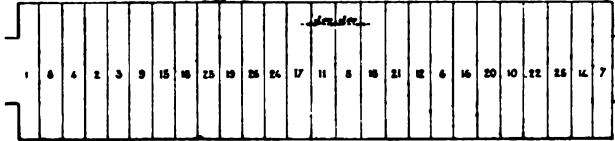


Fig. 177. — Schéma de la marche générale suivie pour la construction de la voûte de la station « Place de l'Europe ».

tion des culées : ce n'est qu'après clavage de chaque anneau que l'abatage voisin était entrepris. La figure 2 (pl. LIV) montre : à gauche, les galeries d'avancement axiales superposées et une

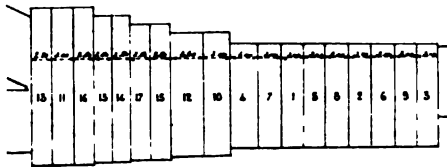


Fig. 178. — Ouvrage spécial en tête de la boucle « Monceau ». Schéma de la marche générale suivie pour la construction de la voûte et des piédroits.

galerie latérale (en trait pointillé) rejoignant la fouille de la culée ; à droite, un abatage avec l'anneau de la voûte (en meulière), la culée en béton étant terminée ; le plan schématique (fig. 177) montre par numéros, l'ordre d'exécution des divers anneaux de voûte.

L'ouvrage d'épanouissement en tête de la boucle Monceau a été également construit en souterrain par anneaux suivant l'ordre du schéma (fig. 178), chaque anneau comprenant la voûte et les piédroits ; cette méthode a l'avantage de ne découper le terrain que par tranches de faible longueur, tandis que la construction préalable des piédroits nécessite le percement de galeries longitudinales et transversales susceptibles de provoquer des mouvements du sol ; toutefois, cette dernière méthode peut sans inconvénients, parfois même avec avantage, être employée en terrain

compact ; on vient de voir que la station « Place de l'Europe » a été ainsi construite. La figure 3 (pl. LIV) montre, en ses divers éléments, les phases de construction de l'ouvrage spécial Monceau.

Pour l'évacuation des déblais, l'entrepreneur avait installé, boulevard de Courcelles et rue de Rome, deux monte-charges à double plateforme d'où les terres étaient déversées latéralement sur des transporteurs à parois inclinées munis de trappes mobiles s'ouvrant aisément à la main au-dessus des tombereaux d'enlèvement. D'autres puits, ouverts sur différents points du tracé, permettaient également l'enlèvement de partie des déblais au moyen de bennes mues par des treuils. Ces derniers, ainsi que les monte-charges, étaient mus par l'électricité provenant d'une petite usine établie par l'entrepreneur sur le boulevard de Courcelles, devant le parc Monceau, et qui fournissait également le courant alimentant l'éclairage des chantiers.

Le voisinage des chemins de fer de l'Ouest avait suggéré à l'entrepreneur l'idée d'en utiliser les voies pour l'évacuation des déblais aux lieux de décharges sis à Rueil et aux Moulineaux ; après entente avec M. Chagnaud, entrepreneur des deuxième et troisième lots, une galerie de raccordement fut établie entre les voies de l'Ouest et le souterrain métropolitain, près de la station « Place de l'Europe ». Mais les plateformes provenant des deuxième et troisième lots devant, pour gagner les voies de l'Ouest, être refoulées sur le premier lot au delà de la galerie de raccordement, ce procédé ne put être utilisé pour les terres de ce lot qu'après achèvement presque complet de la station et du souterrain à la suite jusqu'aux abords de la rue Andrieux ; de sorte que 24 000 mètres cubes de déblais seulement, sur un cube total de 75 000 mètres, purent être évacués par ce moyen. Nous reviendrons sur cette installation à l'occasion des deuxième et troisième lots pour lesquels elle a été utilisée presque exclusivement et sur le territoire desquels (deuxième lot) elle était établie.

Pendant l'exécution des travaux, des suintements et infiltrations, ayant pour origine, soit des fissures dans les égouts voisins du tracé, soit les arrosages des pelouses du parc Monceau, se sont manifestés sur divers points. Le bassin de la Naumachie

a dû être mis à sec pendant un certain temps ; pour évacuer les eaux provenant des terres imbibées, un puisard avait été installé près du monte-charges de la boucle et muni d'une petite pompe centrifuge actionnée par une dynamo Hillairet. Les drainages établis sur tous les points humides, et dont la longueur totale atteint 18300 mètres, ont asséché les terres et peu à peu les infiltrations ont disparu.

L'avancement journalier moyen, avec deux équipes, a été pour chaque point d'attaque, sauf sur un tronçon de 170 mètres sous la rue de Rome, près de la rue du Rocher, de 3 mètres pour les galeries et de 6 mètres pour les abatages et les maçonneries de la voûte.

Deuxième et troisième lots. — Ces deux lots ont, comme on l'a vu précédemment, été adjugés au même entrepreneur, M. Chagnaud ; cette circonstance a permis, en appliquant à l'ensemble des deux lots une méthode générale et rationnelle d'exécution, de favoriser la rapidité du travail tout en réduisant au minimum possible l'encombrement de la voie publique. Ce dernier résultat était fort à considérer, étant donné que les voies suivies par le tracé : rue de Rome, boulevard Haussmann, rue Auber, place de l'Opéra, rue du Quatre-Septembre, place de la Bourse, rue Réaumur, comptent parmi les plus belles et les plus fréquentées de Paris.

Le sol rencontré sous la rue de Rome est de même nature que celui dans lequel a été établie l'extrémité du premier lot (marnes et calcaires du travertin de Saint-Ouen) et a également exigé l'emploi de la mine. Sur le reste du deuxième lot, le déblai a été effectué dans les sables de Beauchamp jusqu'à l'origine de la rue du Quatre-Septembre. Au delà, jusqu'à la rue des Petits-Carreaux, le terrain traversé était constitué par les fondations d'anciens immeubles et les décombres provenant de la démolition de ces derniers, le tout reposant sur une épaisse couche de sable fin et ébouleux ; à partir de ce dernier point, la ligne, plongeant brusquement pour passer sous le collecteur de Sébastopol, vient se placer dans le sable.

La partie comprise sous les rues du Quatre-Septembre et Réaumur a donné lieu à de sérieuses difficultés pour permettre

le maintien de la circulation intense de tramways mécaniques qui empruntent ces voies. Disons de suite qu'en fait, grâce aux précautions minutieuses prises à cet effet dans l'établissement des boisages, cette circulation a pu n'être interrompue à aucun moment.

Pour la construction du souterrain courant, une galerie axiale d'avancement fut d'abord percée, dont le ciel correspondait à l'extrados de la voûte et le fond au niveau des naissances ; on procéda ensuite aux abatages par anneaux alternés puis aux maçonneries correspondantes de la voûte. Après quoi, les piédroits furent repris et exécutés soit par cunettes latérales, soit par fouilles isolées lorsque le terrain était trop ébouleux.

Les stations du deuxième lot : « Gare Saint-Lazare », « Rue Caumartin » et « Opéra » sont du type à tablier métallique. Pour les deux dernières, chacun des piédroits a d'abord été construit au moyen de puits ouverts de distance en distance et reliés entre eux par une galerie ayant pour largeur l'épaisseur même du piédroit ; après remplissage en béton, on a procédé, à ciel ouvert, au décapage des terres sur la largeur de la station, en s'arrêtant au-dessous des sommiers, de façon à permettre la pose du tablier ; le stross fut ensuite enlevé comme il sera expliqué plus loin.

La construction de la station « Gare Saint-Lazare » a présenté quelques difficultés spéciales par suite de la présence des voies de la ligne de tramways « Cours de Vincennes-Saint-Augustin » qui en traversaient le tracé obliquement suivant l'axe des rues de la Pépinière et Saint-Lazare, et qu'il était impossible de dévier. La construction des piédroits fut faite entièrement en souterrain au moyen de galeries ; la pose du tablier fut ensuite effectuée en deux parties, l'une comprise entre l'extrémité Sud de la station et la ligne de tramways précitée, l'autre comprenant le surplus de la station jusqu'à son origine côté Nord. Un pont de service fut établi sous les voies de tramways pour assurer le maintien de la ligne en exploitation ; la figure 179 montre les dispositions de cette installation.

Pour les stations voûtées du troisième lot : « Rue du Quatre-Septembre », « La Bourse », « Rue du Sentier » et « Boulevard de Sébastopol-Rue Réaumur », la voûte et les culées ont été cons-

truites simultanément par anneaux alternés de 4,50 m. de longueur moyenne ; la figure 4 (pl. LIV) donne le type d'un abatage terminé, avant exécution des maçonneries. Signalons qu'à la

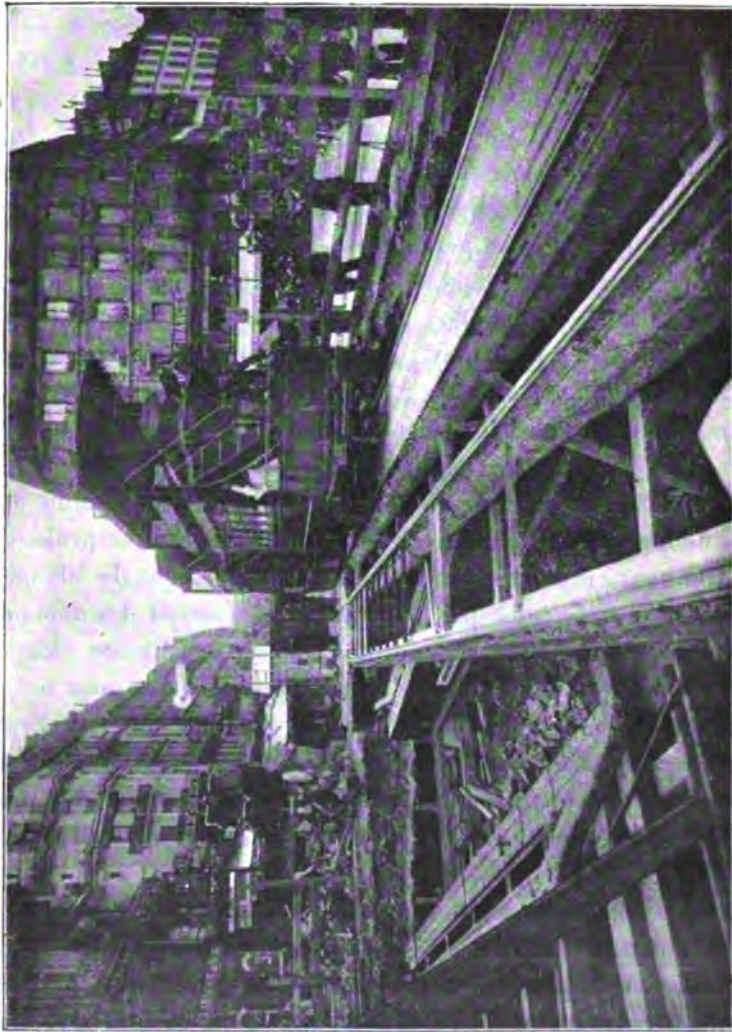


Fig. 179. — Construction de la station « Gare Saint-Lazare ». Pont de service sous les voies de tramways.

station « Boulevard de Sébastopol-Rue Réaumur », en raison de la profondeur de l'ouvrage et de la proximité des immeubles riverains, un mur de masque latéral fut préalablement construit de chaque côté de la station, de façon à maintenir le terrain

sablonneux sur lequel reposent lesdits immeubles (fig. 5, pl. LIV).

Nous reviendrons plus loin avec quelques détails sur la construction de l'ouvrage spécial de la place de l'Opéra qui mérite d'arrêter spécialement l'attention.

Au début des travaux, les déblais provenant des galeries d'avancement et de quelques points d'attaque des deux lots furent enlevés au moyen d'estacades avec monte-charges réparties le long du tracé ; il est inutile d'entrer ici dans le détail de ces installations qui ne se différencient pas sensiblement de celles de même nature déjà décrites à l'occasion des lignes précédentes.

Mais, au cours du percement de la galerie d'avancement, l'entrepreneur avait construit, rue de Rome, une galerie provisoire permettant d'établir, entre le tracé de la ligne et les voies du chemin de fer de l'Ouest, le raccordement dont il a été parlé précédemment (premier lot) ; cette disposition permit de donner à l'enlèvement quotidien des déblais une capacité de 700 à 800 mètres cubes. Les figures 6 à 9 (pl. LIV) donnent le détail des installations réalisées à cet effet ; une estacade établie sur le quai de droite de la station « Place de l'Europe », se prolongeait dans le souterrain du premier lot sur une longueur de 300 mètres et à une hauteur telle que les trains d'évacuation des déblais de l'Ouest, composés de plateformes du type ordinaire des chemins de fer, pouvaient circuler librement en dessous pour recevoir directement les terres amenées par la voie de service de l'entreprise au moyen de trains refoulés sur ladite estacade. Les locomotives de la Compagnie de l'Ouest venaient chercher les trains chargés qui étaient conduits dans une ancienne ballastière sise à Rueil.

Trois locomotives à air comprimé assuraient la remorque des trains amenant les terres à l'estacade de transbordement ; ces machines, très puissantes et du système Mékarsky, pouvaient remorquer des trains de 14 plateformes de 3 mètres cubes à la vitesse de 15 à 20 kilomètres à l'heure sur un profil qui présentait des rampes de 10 millimètres par mètre ; toutefois l'accès du raccordement de la rue de Rome offrait une rampe de 35 millimètres par mètre où chaque machine ne pouvait remorquer utilement que des trains de 8 plateformes.

La pression des accumulateurs d'air était de 80 kilogrammes, les machines le détendant à 14 kilogrammes en pleine marche ; chacune était munie d'un réchauffeur à coke pouvant élever la température de l'air à 100° environ. Un poste de prise d'air à 80 kilogrammes avec 25 réservoirs de 1,3 m³. était établi boulevard Haussmann ; un autre poste analogue fut établi rue Réaumur, près de la rue Saint-Denis, en vue des transports à effectuer de l'extrémité du troisième lot.

L'éclairage des chantiers souterrains a été assuré électriquement au moyen de courant continu à 220 volts pour le deuxième lot et à 110 volts pour le troisième. La tension de 220 volts, n'offrant pas de danger, paraît mieux appropriée aux installations de chantiers dès l'instant où, comme l'entrepreneur le fit sur le deuxième lot, on y adapte la lampe à incandescence à 220 volts, pratiquement équivalente pour la durée à celle de 110 volts. Le courant électrique a été également employé pour la manœuvre des monte-charges, mais sous 440 volts ; constatons ici que, pendant la durée des travaux, aucun accident dû à l'électricité ne s'est produit.

Ouvrage spécial de la place de l'Opéra. — L'ouvrage établi sous la place de l'Opéra au point de rencontre et de superposition des lignes n^{os} 3, 7 et 8, a été décrit plus haut en détail (voir « Ouvrages spéciaux ») : les trois lignes pénètrent dans une sorte de bloc de maçonnerie dont la section horizontale présente la forme d'un triangle dont la base est située au Sud et parallèlement au boulevard des Capucines et le sommet au Nord, devant l'Opéra. La partie supérieure de l'ensemble, placée au-dessus de la nappe aquifère, se présente sous l'aspect d'une chambre obturée sur ses trois côtés par une muraille de 12 mètres de hauteur évidée pour le passage des deux lignes supérieures (n^{os} 3 et 7). A sa partie inférieure, cette chambre repose sur trois énormes piliers en maçonnerie établis, en raison de la présence de ladite nappe, au moyen de caissons foncés à l'air comprimé.

La situation de cet ouvrage, en plein centre de grande circulation, exigeait que les moyens d'exécution fussent étudiés attentivement en vue de réduire au strict minimum possible la gêne apportée à cette circulation. Une commission spéciale fut instituée

à cet effet, laquelle arrêta un programme qui peut être résumé comme suit.

On avait d'abord pensé à commencer par le fonçage du caisson A (fig. 180), le plus rapproché de l'angle sud-est de la place, et à limiter en premier lieu l'occupation du sol de la voie publique à la zone *m, f, g, h, i, j, k*, pour l'étendre ultérieurement à l'emprise totale *b, c, d, f, g, h, i, j*. Mais, les déblais devant être évacués souterrainement et, d'autre part, la galerie d'avancement venant de l'origine du deuxième lot, arrivant alors près de la place de l'Opéra, on résolut d'employer le puissant moyen d'évacuation ainsi offert (raccordement avec les voies de l'Ouest) et, par suite, de commencer par le fonçage des deux caissons B et C situés du côté de la galerie d'avancement, pour continuer ensuite par le caisson A situé du côté le plus éloigné.

Finalement une première emprise fut établie suivant *a, b, c, d, e*; en même temps, les débouchés nécessaires au maintien de la circulation des voitures étaient ouverts par l'établissement de deux chaussées provisoires : l'une, de 12 mètres de largeur, sur la partie Nord du grand plateau central; l'autre, de 7,50 m., au Sud de l'occupation. Peu de temps après, la voie de service pour l'évacuation des terres étant parvenue jusqu'à l'ouvrage spécial, la première emprise fut étendue à l'ensemble du chantier, c'est-à-dire à la zone totale *b, c, d, f, g, h, i, j*; à ce moment, la chaussée auxiliaire de 7,50 m. se trouvant supprimée, on porta à 7,50 m., la largeur du passage carrossable entre l'emprise et le pan coupé compris entre le boulevard des Capucines et la rue du Quatre-Septembre. Le chantier entraît dès lors en pleine et totale activité.

Avant de procéder au montage des caissons, la fouille fut attaquée sur toute la surface de l'ouvrage et sur une profondeur moyenne de 4,20 m. environ; après quoi le montage des caissons C, B et A fut entrepris successivement dans cet ordre.

La figure 181 donne la coupe géologique du terrain suivant la ligne MN du plan (fig. 180); cette coupe comprend la totalité de la fouille supérieure et la fouille du caisson C.

Ainsi qu'on le voit sur la figure 181 ci-après, la fouille a traversé d'abord une couche de remblais de 2,80 m. au-dessous des-

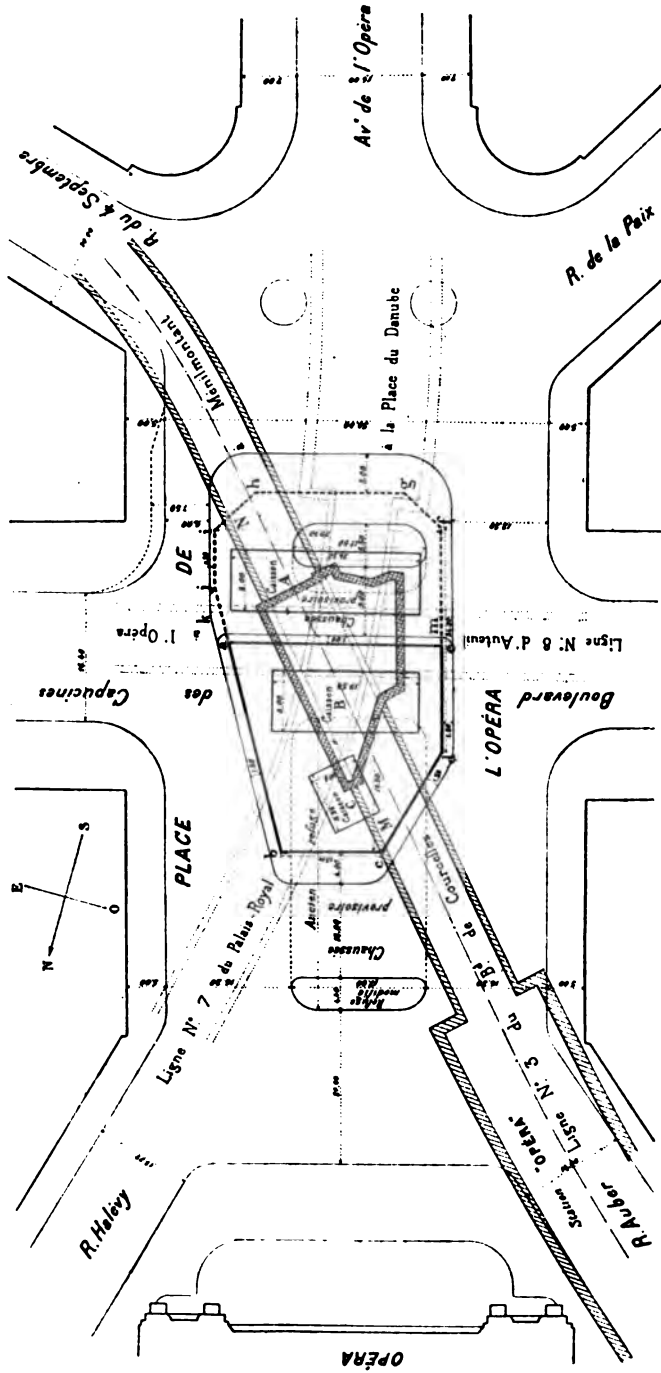


Fig. 180. — Ouvrage spécial de la place de l'Opéra. Plan général du chantier de construction.

quels se trouvait une couche de terre végétale de 0,50 m. à 0,60 m. d'épaisseur reposant sur un fond de sable argileux. Sous le grand plateau central de la place de l'Opéra, à l'emplacement du caisson C, la fouille a rencontré les mêmes remblais, mais la terre végétale et le sable argileux sous-jacent ont disparu. En ce point passait le fossé des anciens remparts auquel succéda, sous le règne de Louis XV, la rue Basse-du-Rempart dont le niveau fut, plus tard, relevé de 2,20 m. ; la figure 181 montre les traces des pavages successifs, composés de pavés cubiques de 0,23 m. de côté, en grès de Fontainebleau, analogues à ceux dont on trouve encore de rares exemples dans quelques anciennes voies de la zone annexée.

La composition du terrain dans la fouille du caisson C est donnée en détail par la figure 181 ; le fait saillant à retenir est la présence, entre les cotes (24,10) et (21,60), soit sur une hauteur de 2,50 m., de la nappe aquifère souterraine qui a exigé l'emploi de l'air comprimé pour le fonçage des caissons.

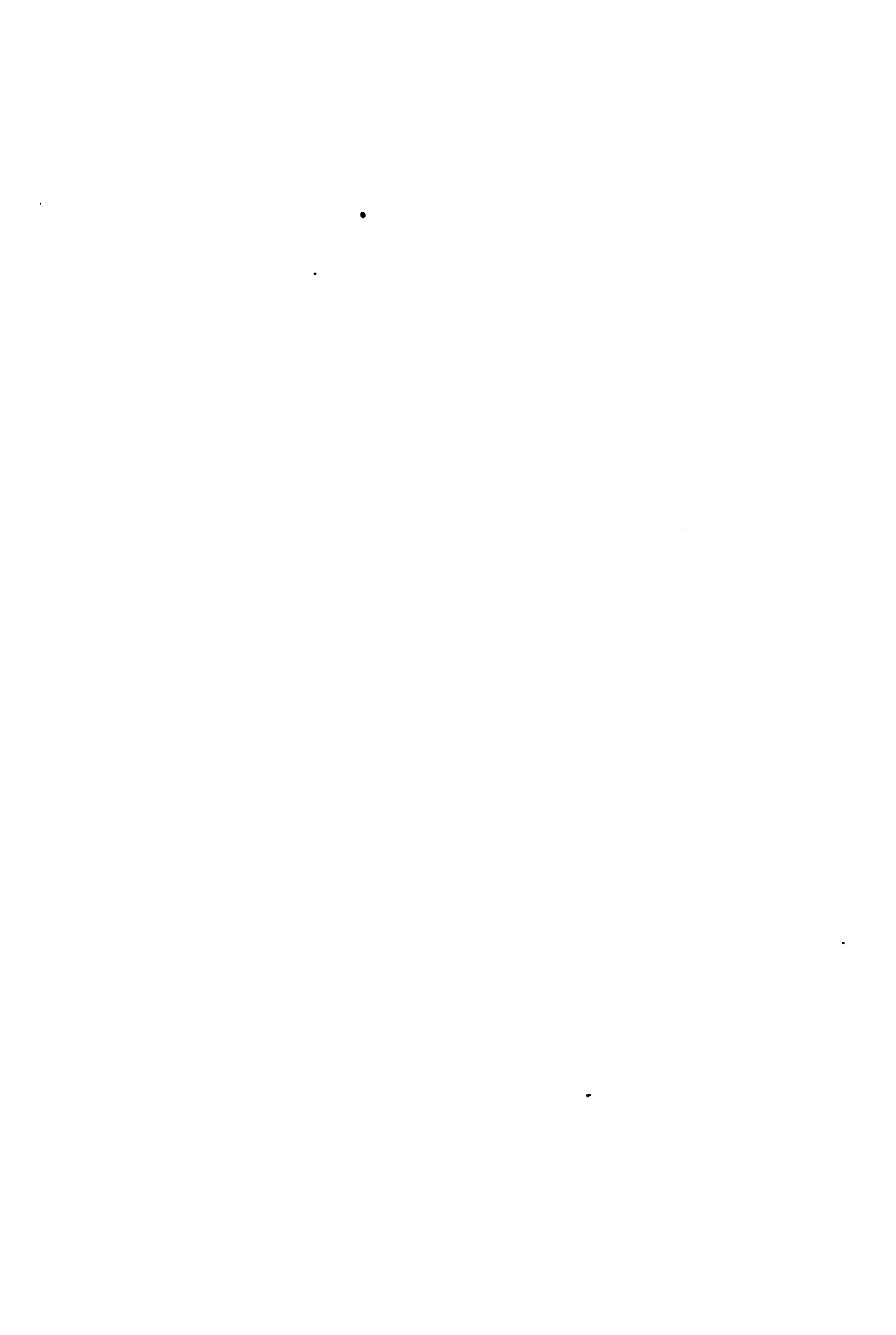
Sans vouloir ici faire l'historique des nombreuses discussions auxquelles a donné lieu l'origine de cette nappe qu'ont rendue célèbre les travaux de fondation de l'Opéra, nous rappellerons simplement que, pendant longtemps, elle a été considérée comme provenant d'un cours d'eau dit rivière de la Grange-Batelière ou rû de Ménilmontant.

Nous renvoyons pour plus de détails au rapport très documenté présenté à la Commission du Vieux Paris par M. Charles Sellier, inspecteur des Fouilles archéologiques¹ ; ce rapport semble admettre comme définitivement acquise l'existence, vers l'époque néolithique, d'un véritable bras de Seine partant du point où le canal Saint-Martin se jette dans la Seine, en aval du pont d'Austerlitz, et aboutissant après un parcours semi-circulaire passant au pied des coteaux de Charonne, Ménilmontant, Belleville et Montmartre, en un point situé au delà du pont de l'Alma, à la hauteur de la rue de la Manutention. Nous ne prendrons pas parti sur cette question qui échappe à notre compétence.

Nous donnons ci-après les dates des phases principales du fon-

¹ Ce rapport a été publié dans le *Bulletin municipal officiel* de la Ville de Paris du 24 septembre 1903.

HERI



çage de chaque caisson ; il va de soi que cette opération s'est effectuée à l'air libre jusqu'à la rencontre du niveau supérieur de la nappe (24,10), moment à partir duquel on a dû recourir à l'air comprimé.

Le montage du caisson C a été exécuté du 21 avril au 5 mai 1903 ; le 25 mai, le caisson a atteint la nappe et le 15 juin, le remplissage en béton de la chambre de travail était terminé, le fonçage ayant été arrêté à la cote (15,61) sur un banc de marne compacte (fig. 181).

Le caisson B a été monté du 5 au 21 mai ; la descente a commencé le 30 mai pour atteindre la cote (27,72) le 18 juin. A ce moment, l'opération dut être suspendue momentanément pour permettre l'établissement d'un pont de service pour la voie d'évacuation des déblais de la partie de souterrain située au-delà de la place de l'Opéra. Jusqu'au 31 juillet, la descente n'a été poursuivie que par intermittences pour reprendre ensuite sa marche régulière. La nappe était atteinte le 8 août et, le 1^{er} septembre, le fonçage s'arrêtait à la cote (15,49). Le remplissage de la chambre de travail, commencé le même jour, était terminé quatre jours après.

Enfin le caisson A, bien que monté du 16 mai au 4 juin, ne commença à descendre que le 19 juin, après établissement du pont de service dont il est parlé ci-dessus ; le 9 juillet on atteignait la nappe et, le 29 juillet, on arrêtait le fonçage à la cote (15,93) ; le coulage du béton fut effectué du 31 juillet au 3 août.

Le mois de septembre et une partie du mois d'octobre furent consacrés à la confection des maçonneries supérieures, entre la nappe (24,10) et la cote (30). Le 10 décembre, le plancher supérieur sous chaussée était monté et rivé et, le 17 décembre, l'ouvrage était terminé, sauf divers parachèvements intérieurs : enduits, vouîtns du plancher sous rails de la ligne n° 3, etc., qui furent achevés le 26 février 1904.

L'exécution complète de l'ouvrage, compris la fouille supérieure, a donc duré du 20 mars 1903 au 26 février 1904, soit onze mois seulement.

Ajoutons que le fonçage des caissons n'a donné lieu à aucun incident ; l'air utilisé provenait du secteur de la Compagnie Parisienne de l'Air Comprimé (ancien secteur Popp) et était détendu

depuis sa pression initiale (5 kilogrammes) jusqu'à la pression convenable. Chaque caisson, muni de deux sas à air type Fives-Lille, comportait des treuils à air comprimé, à mouvements très rapides ; l'élévation de la benne s'effectuait, en effet, à raison de 2,50 m. à la seconde, produisant ainsi 70 mètres cubes de déblais par jour et par treuil ; ces derniers ont été évacués, par la voie de service, sur les chemins de fer de l'Ouest, au moyen de la galerie de raccordement décrite précédemment.

Le passage de la ligne n° 3 sur le collecteur de Clichy, à la rue Auber, et les dispositions prises en vue du passage ultérieur de la ligne n° 4 sur la ligne n° 3, au boulevard de Sébastopol, n'ont donné lieu à aucun fait particulier digne de remarque (voir « Ouvrages spéciaux »).

Quatrième lot. — Les travaux du quatrième lot n'ont présenté aucune particularité saillante. Les déblais, extraits du souterrain au moyen de monte-charges électriques disséminés dans l'étendue du lot, étaient conduits par tombereaux au canal Saint-Martin et, par une escade établie quai de Valmy, près de l'avenue de la République, déchargés en bateaux et conduits ainsi hors de Paris.

Le souterrain courant a été exécuté par les procédés ordinaires sur bois. La voûte était d'abord construite par anneaux successifs, après quoi on procédait à la confection des piédroits, par reprise en sous-œuvre, puis du radier après enlèvement du stross.

En raison de leur peu de profondeur au-dessous du sol, les voûtes des stations « Arts-et-Métiers » et « Rue du Temple » ont été construites à ciel ouvert, sur cintre en terre, après établissement des culées par puits et galeries ; il a été procédé de même pour les voûtes des ouvrages d'épanouissement (culottes) du garage des Arts-et-Métiers. La voûte et les culées de la station « Place de la République », beaucoup plus profonde, ont été établies simultanément par anneaux complets.

Pendant la période d'activité moyenne des chantiers, l'avancement journalier a été, par vingt-quatre heures, de 10 mètres pour les galeries d'avancement, de 9 mètres pour les voûtes, de 6 mètres pour les piédroits des deux côtés.

La fouille du souterrain à son débouché de la rue du Temple sur la place de la République, a mis à découvert des vestiges intéressants de l'ancien Paris¹, consistant en une suite de quatre petites voûtes en plein cintre, de 1 mètre d'ouverture, à parement en pierre de taille (fig. 10 et 11, pl. LIV); on avait cru, tout d'abord, qu'il s'agissait là d'une suite d'ouvertures d'égouts; cette hypothèse dut être abandonnée vu l'absence de radier à la base de ces voûtes : on se trouvait évidemment en présence d'un simple pont de quatre arches, jeté sur un fossé peu profond; les terres traversées, par leur couleur noirâtre, leur odeur putride, leur nature fangeuse, révélaient la longue stagnation, en cet endroit, d'eaux croupissantes chargées de matières organiques en décomposition.

M. Charles Sellier, inspecteur des Fouilles archéologiques, conclut des circonstances ci-dessus que le tracé du Métropolitain traversait là l'ancien fossé de l'enceinte de Charles V qui servait de déversoir aux égouts de la partie Nord de Paris. Ce fossé était accompagné d'un arrière-fossé plus étroit, situé du côté extérieur; c'est ce qui explique la disposition des quatre arches du pont dont les trois premières franchissaient le grand fossé intérieur, tandis que la quatrième, après un terre-plein maçonné de quelques mètres de longueur, traversait l'arrière-fossé. D'après M. Charles Sellier, l'ensemble de cette construction constituait le pont dormant sur l'extrémité duquel, du côté de la Ville, venait s'abattre le pont-levis de l'ancienne porte du Temple, située à hauteur de la rue Meslay; la date de son établissement demeure quelque peu incertaine mais semble remonter au début du xvii^e siècle (du Breul).

Le pont dormant de la porte du Temple subsista jusqu'à la suppression des anciens fossés de l'enceinte de Charles V, c'est-à-dire jusqu'au remplacement de ces derniers par le grand boulevard établi sous le règne de Louis XIV, vers 1680.

A quelques mètres au-delà des vestiges ci-dessus, sous la place de la République, la fouille du souterrain a rencontré un faisceau de pilotis d'environ 1,50 m. de longueur et de 0,20 m. à 0,25 m.

¹ Voir le rapport présenté à la Commission du Vieux Paris par M. Charles Sellier, inspecteur des Fouilles archéologiques. *Bulletin municipal officiel* de la Ville de Paris du 1^{er} mars 1903.

de diamètre, en chêne parfaitement conservé ; ces pilots, non munis de sabots de fer et simplement appointés, étaient fichés dans une masse de sable argileux ; ils supportaient un platelage en chêne de 0,15 m. d'épaisseur sur lequel reposait un massif de maçonnerie brute hourdée de mortier de chaux.

On ignore la nature exacte de ces vestiges. M. Charles Sellier avait d'abord pensé se trouver en présence des fondations de l'ancienne porte du Temple de l'enceinte de Charles V ; mais l'examen d'anciens plans de Paris montra que cette porte se trouvait rue du Temple, à hauteur des rues Meslay et Béranger. On suppose donc que ce pilotis a pu servir de fondation à une porte monumentale, analogue aux portes Saint-Denis et Saint-Martin et dont la construction aurait finalement été abandonnée.

Enfin, sous la rue Turbigo, au droit de l'Ecole Turgot, la fouille a mis à jour un bloc de pierre portant des inscriptions qui ont permis d'établir qu'il s'agissait de la première pierre, posée en 1687, d'un bâtiment du couvent placé sous le vocable de Sainte-Madeleine, d'où le langage populaire a fait le mot « Madelonnettes » pour désigner ses pensionnaires.

Passage sous le canal Saint-Martin. — Nous avons expliqué précédemment que les travaux de ce passage avaient été entrepris avant ceux du surplus de la ligne ; il fallait, en effet, éviter autant que possible de troubler la circulation de la batellerie et, pour cela, profiter de la période annuelle de chômage du canal Saint-Martin. Cette combinaison avait, en outre, l'avantage primordial de permettre la mise hors eau momentanée du canal dans la partie passant au-dessus du tracé de la ligne.

Le travail à exécuter sur ce point présentait, d'ailleurs, les plus sérieuses difficultés : il s'agissait non-seulement de passer sous le plafond du canal, mais encore sous la voûte de 19,50 m. de portée qui le recouvre et qui supporte une circulation lourde et importante. Le souterrain devait être établi dans des masses marneuses dont la composition n'était pas parfaitement connue, en présence d'une nappe aquifère à laquelle se joignaient sans doute des infiltrations provenant du canal. Il fallait donc rechercher le maximum de sécurité possible, ce que l'on réalisait en poursuivant

la construction du souterrain par les procédés ordinaires après mise hors eau de la partie correspondante du canal.

Le chômage de ce dernier, fixé d'abord à vingt-cinq jours, du 6 au 30 juillet 1901, fut porté à soixante jours, à partir du 21 septembre pour prendre fin le 20 novembre suivant.

Les travaux étaient adjugés le 27 juillet 1901 et, quarante-huit heures après, l'entrepreneur commençait ses installations. Il n'y avait pas de temps à perdre : le travail devait, aux termes du cahier des charges, être complètement achevé dans un délai de six mois, à partir de la notification de l'ordre d'exécution. Deux mois après le point de départ de ce délai, l'entrepreneur devait avoir terminé les parties du souterrain comprises entre les deux points d'attaque à établir à la rencontre de l'avenue de la République et des quais de Valmy et de Jemmapes, et deux points situés de part et d'autre de l'axe du canal, à 30 mètres de cet axe. Les 60 mètres de souterrain compris entre ces deux derniers points devaient être construits pendant les soixante jours du chômage sus-indiqué.

Quatre jours après l'adjudication, le fonçage des deux puits d'attaque était entrepris. Ces puits de 5,50 m. de longueur et 3 mètres de largeur furent poussés à une profondeur de 22 mètres ; leur grande section permit d'installer dans chacun d'eux un monte-charges à deux plateaux alternatifs, un descenseur, trois pompes centrifuges avec leurs accessoires, et les escaliers ou échelles d'accès au souterrain.

Le fonçage se poursuivait rapidement et sans incident lorsque le 8 septembre, dans le puits côté Courcelles, se déclara un « renard » qui, en huit jours, atteignit l'énorme débit de 133 litres à la seconde ; l'aveuglement partiel de ce « renard » fut obtenu très difficilement et ce n'est que le 13 octobre, après réduction du débit à 33 litres, que les épuisements qui avaient dû être suspendus, purent être repris normalement ; il n'en était pas moins résulté un retard des plus fâcheux. Pendant ce temps, le puits côté Ménilmontant ne rencontrant aucune difficulté sérieuse, avait été heureusement terminé et la galerie d'avancement attaquée vers le canal.

Simultanément, l'entrepreneur avait établi, sur le terre-plein de

la rue des Trois-Bornes, une usine électrique d'une puissance de

190 chevaux, pour actionner les monte-charges et assurer l'éclairage, une grue électrique et 4 pompes centrifuges.

En vue de la mise hors eau du canal, on procéda dès le début du chômage, le 21 septembre, à l'établissement, de deux batardeaux en terre, à talus coulants, disposés à 50 mètres environ de part et d'autre de l'axe du souterrain, après quoi l'eau comprise entre les batardeaux fut épuisée avec prudence pour éviter l'affaissement des terres; la figure 12 (pl. LIV) montre, en coupe longitudinale, suivant l'axe du canal, les dispositions ainsi réalisées.

D'autre part, pour éviter tout mouvement dans la voûte du canal, on décida de mettre cette dernière sur cintres pendant l'exécution du souterrain correspondant; à cet effet, on construisit dix fermes espacées de 4 mètres

d'axe en axe, couvrant ainsi une longueur de 36 mètres, soit 18 mètres de chaque côté de l'axe du Métropolitain. Chacune de ces fermes (fig. 182) reposait par ses extrémités sur les quais et,

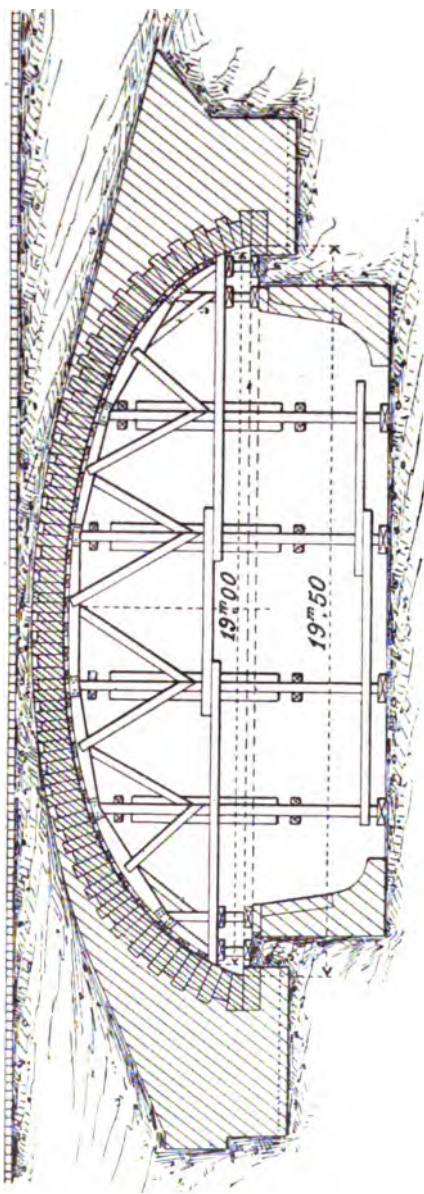


Fig. 182. (Echelle 1/200). — Mise sur cintres de la voûte du canal Saint-Martin. Coupe transversale sur l'axe d'une ferme.

au moyen de quatre poinçons, sur le plafond du canal; une série de moises et de croix de Saint-André rendirent les fermes

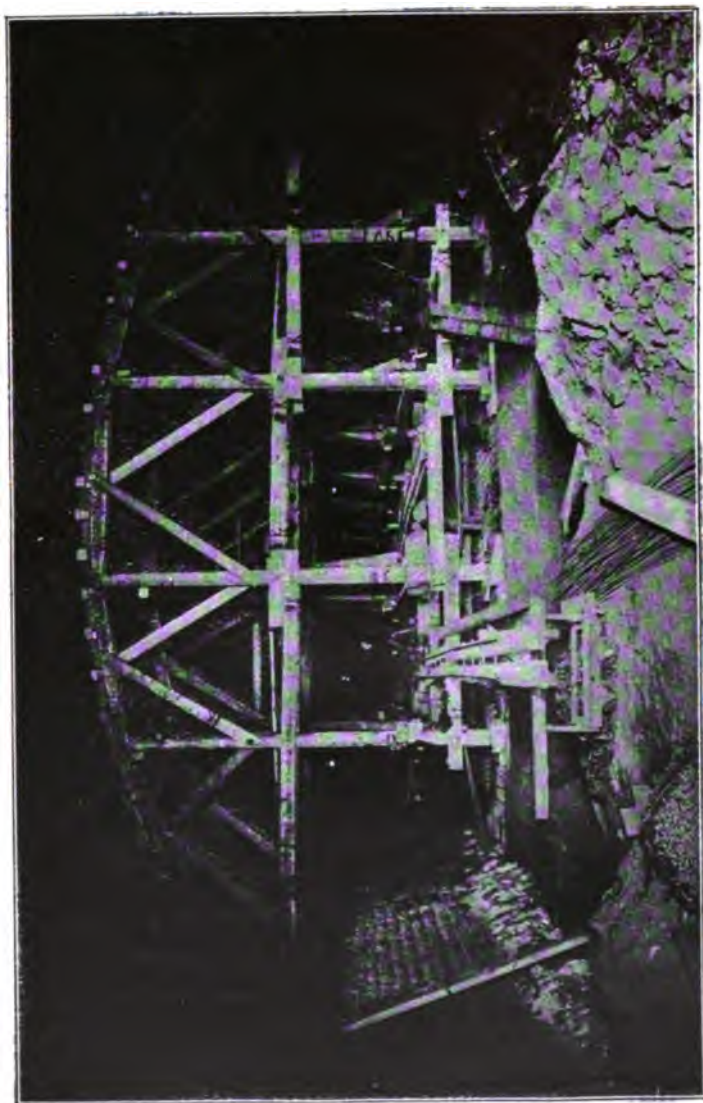


Fig. 183. — Mise sur cintres de la voûte du canal Saint-Martin. Vue d'ensemble.

solidaires et devaient empêcher tout « roulement d'ensemble ». La figure 183 donne la vue générale de cette charpente.

Les couchis, constitués par des poutrelles de 0,15 m. à 0,20 m. d'équarrissage, et espacés de 0,60 m., d'axe en axe, intéressaient

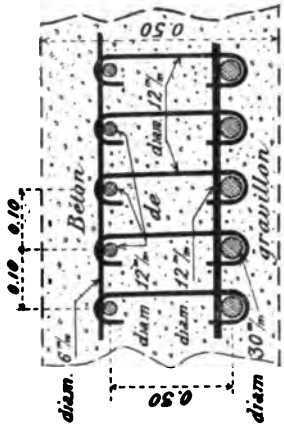


Fig. 186. — Coupe longitudinale de l'ossature (partie).

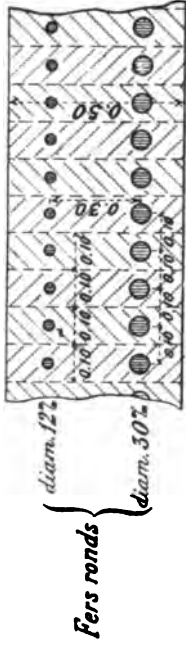


Fig. 184. — Coupe longitudinale schématique (partie).

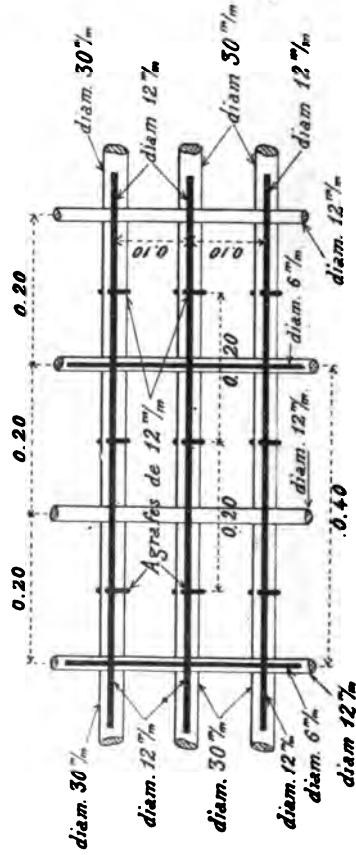


Fig. 185. — Plan de l'ossature (partie).

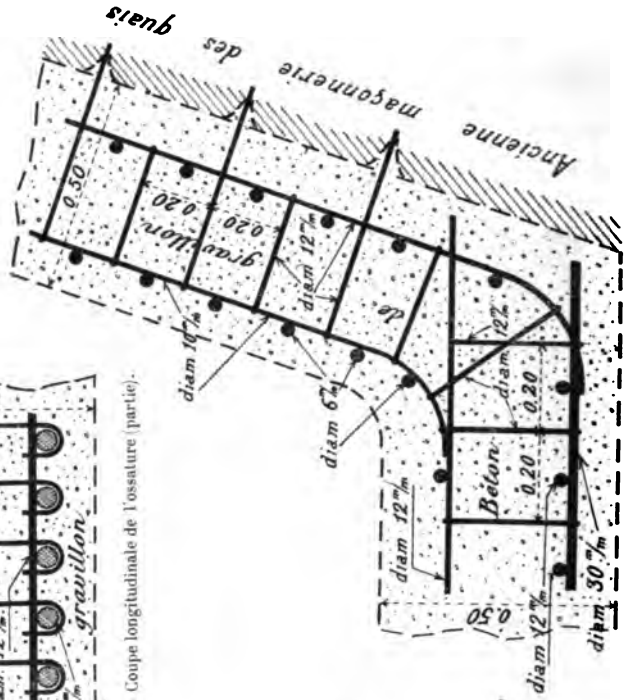


Fig. 187. — Coupe transversale près d'un mur de quai.

Fig. 184 à 187. — Bâche en béton armé du canal Saint-Martin.

deux ou trois cintres à la fois ; ils étaient placés à quelques centimètres de la douelle de façon à permettre l'introduction, dans l'espace libre, de coins que l'on pouvait serrer ou desserrer suivant les besoins, par exemple dans le cas de tassement des cintres par suite d'un affaissement du sol qui les supportait, ou d'une descente fortuite des culées.

Le canal Saint-Martin, dans la partie qui nous occupe, n'était pas pourvu de radier ; le plafond était formé simplement par le sol naturel, ce qui pouvait donner lieu de craindre des infiltrations ultérieures dans les ouvrages du Métropolitain, après remise en eau du canal. Aussi, le projet prévoyait-il l'application sur le plafond de ce dernier, d'une couche de béton de 0,50 m. d'épaisseur ; cependant on pouvait encore craindre que ce radier ne subît lui-même quelques mouvements qui eussent occasionné des fissures rendant cette mesure presque inutile.

M. Locherer, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, chargé de la direction des travaux, eut alors l'idée de remplacer le radier en béton ordinaire par une véritable bache en béton armé offrant toutes garanties d'imperméabilité. Cette bache présente, en profil transversal, la forme d'un U aplati ; la partie horizontale recouvre le plafond du canal et les deux branches latérales s'appliquent sur les parements des murs de quais ; en plan, elle présente une longueur de 50 mètres sur une largeur de 14,80.

La partie horizontale, qui forme la fraction essentielle de l'ouvrage, est constituée en quelque sorte par une série de poutres faisant corps, distantes de 0,40 m. d'axe en axe, et de 0,50 m. de hauteur (fig. 184) ; chaque poutre est formée de deux fers ronds, l'un de 12 millimètres et l'autre de 30 millimètres de diamètre, distants verticalement de 0,30 m. d'axe en axe, le plus petit étant placé à la partie supérieure. Ces fers sont réunis, tous les 0,20 m. par des agraffes en fer de 12 millimètres de diamètre à double crochet (fig. 185 et 186) ; ils sont encore réunis dans le sens longitudinal : les fers supérieurs, par des fers de 6 millimètres de diamètre, placés à 0,40 m. de distance l'un de l'autre ; les fers inférieurs par des fers de 12 millimètres espacés de 0,20 m. (fig. 185) ; les liaisons sont obtenues par des ligatures en fil de fer.

Des dispositions identiques ont été adoptées pour les parties

latérales dont la figure 187 donne le mode de liaison avec la partie horizontale.

La figure 188 montre le travail en cours d'exécution sur l'un des côtés de la bêche ; les boisages que l'on aperçoit à gauche et en haut ne sont autres que les cintres décrits plus haut et servant à caler provisoirement la voûte.

Le béton était composé comme suit :

Gravillon (très gros)	1 m ³ .
Sable de rivière	0,500
Ciment de Portland	500 kg.

Le volume de ce béton s'est élevé à 530 mètres cubes et le poids de l'ossature à 84 tonnes.

Afin de hâter l'exécution des travaux et en raison du court délai imparti, l'entrepreneur décida d'attaquer le déblaiement du souterrain par le système des deux galeries superposées dont nous avons parlé déjà à l'occasion du premier lot ; la galerie inférieure servait à l'évacuation des déblais, l'autre à l'amenée des matériaux. Ces galeries étaient en communication avec les deux puits d'attaque dont les descenseurs assuraient l'approvisionnement des matériaux de maçonnerie, tandis que les monte-charges élevaient les wagonnets de déblais jusqu'à une estacade placée à 5 mètres au-dessus du sol, d'où lesdits wagonnets étaient conduits, par une suite de passerelles, au-dessus d'une trémie établie à travers la voûte du canal, pour être déchargée directement dans des chalands amarrés à quai.

Les galeries supérieures, traversant des marnes dures, avançaient normalement ; mais la marche fut très pénible pour les galeries inférieures situées dans un calcaire extrêmement résistant, d'autant plus que le voisinage des ouvrages du canal et du collecteur des Coteaux interdisait, par mesure de prudence élémentaire, l'emploi de la poudre de mine.

Pour activer le déblaiement, les galeries inférieures et supérieures furent divisées chacune en deux attaques (fig. 13, pl. LIV), de façon à ce que les équipes pussent être doublées.

Dès que le degré d'avancement des galeries le permit, on procéda à la construction de la voûte par anneaux isolés ; sur plu-

sieurs points, la nature du terrain exigea des boisages considérables atteignant jusqu'à 12 mètres cubes par anneau de 1,50 m. de lon-

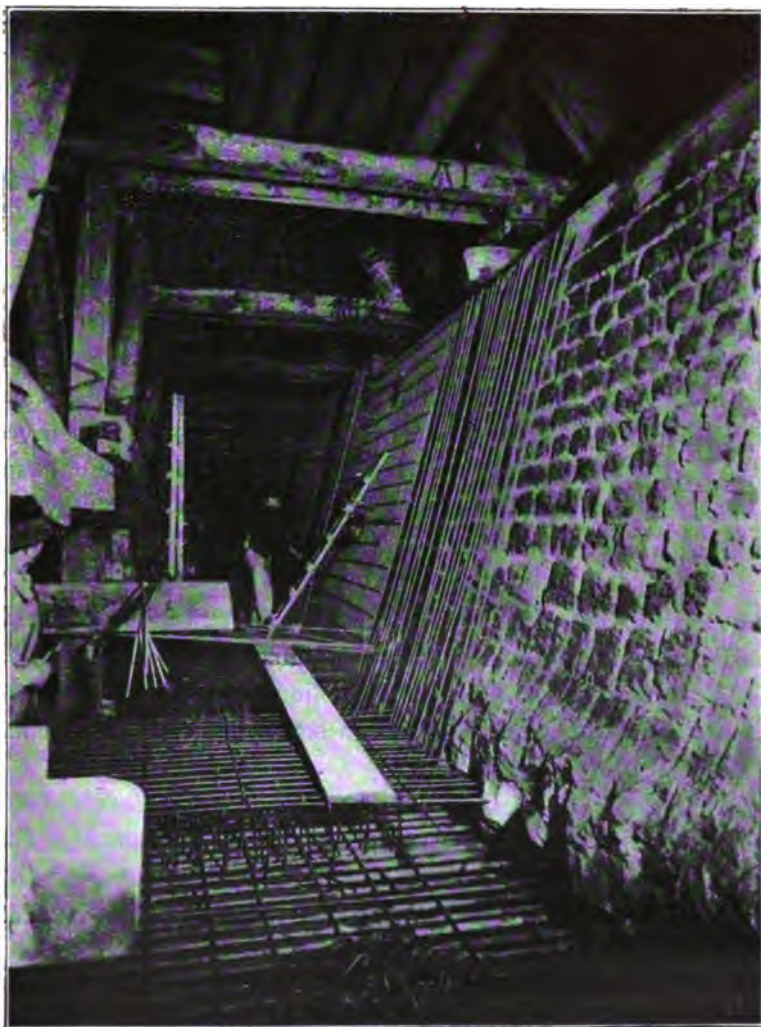


Fig. 188. — Confection de la bache en béton armé du canal Saint-Martin.

gueur, alors qu'un cube de 3 mètres aurait suffi dans un terrain de consistance moyenne.

Malgré les efforts de l'entrepreneur, les 60 mètres de souterrain constituant le passage proprement dit sous le canal ne purent être

terminés au moment de la remise en eau de ce dernier ; cette opération put cependant être faite sans danger grâce à la bêche en béton armé ci-dessus décrite.

Le 16 novembre 1901, on procédait au clavage du dernier anneau de voûte (fig. 14, A, pl. LIV) et, trois jours après, à la date fixée, la remise en eau était effectuée. La même figure montre quel était, à cette date marquante, l'état des travaux entre les deux puits d'attaque ; on voit que la voûte était entièrement construite et que deux parties de piédroits, d'une longueur totale de 12,50 m., avaient seules pu être reprises.

Nous n'insisterons pas sur l'exécution des parties extrêmes du lot qui ne fut marquée par aucune circonstance particulière. Il suffira de dire que l'extrémité côté Courcelles exigea de grandes précautions en raison de la nature du sol composé, en grande partie, de sable mouillé ou de très mauvaise tenue. Nous avons donné précédemment les sections spéciales adoptées pour le souterrain dans toute la partie atteignant la nappe (voir « Ouvrages spéciaux »).

Cinquième lot. — La méthode employée sur le cinquième lot pour la construction du souterrain est encore celle des deux galeries axiales superposées, avec construction de la voûte par anneaux de 3 mètres, reprise des piédroits en sous-œuvre et établissement du radier.

Dans la partie de la galerie de raccordement à une voie avec la ligne n° 2 Nord située sous le boulevard de Ménilmontant (voir « Ouvrages spéciaux »), on s'est borné, par prudence et en raison de la proximité des immeubles riverains dudit boulevard, à n'établir qu'une galerie d'avancement ; les abatages ne furent, sur ce point, effectués que par petites longueurs (descendant souvent à 1,50 m.) et les piédroits furent construits par fouilles latérales avant l'enlèvement du stross.

Les stations voûtées « Avenue Parmentier » et « Rue Saint-Maur » ont été construites comme le souterrain, à cette seule différence près que les piédroits ont été construits en galerie avant exécution de la voûte. A la station à tablier métallique « Père-Lachaise », les piédroits ont été établis à ciel ouvert par fouilles de 4 mètres de

longueur, le tablier a ensuite été mis en place comme il a été dit pour les stations « Rue Caumartin » et « Opéra » du deuxième lot.

A l'origine du lot, près de l'avenue Parmentier, le tracé de la voûte plaçait cette dernière dans une forte couche (6 mètres d'épaisseur moyenne) de sables et de graviers sans aucune cohésion. Afin d'éviter tout affouillement sous les immeubles voisins, on dut, pour la station « Avenue Parmentier » située sur ce point, construire les culées par puits isolés et les surmonter, de chaque côté de la station, par un mur de masque atteignant le niveau des fondations desdits immeubles ; la voûte reçut elle-même une surépaisseur de 0,20 m. pour parer aux fortes charges qu'elle aurait à supporter du fait de sa profondeur et de la nature susdite du terrain (fig. 15, pl. LIV).

La marche des monte-charges et l'éclairage des chantiers étaient assurés au moyen du courant électrique emprunté au secteur de la Compagnie Parisienne de l'Air Comprimé (ancien secteur Popp).

Sixième lot. — La nature des terrains rencontrés dans ce lot est très variable. A partir de l'origine, boulevard de Ménilmontant, le tracé traversait, sur une longueur de 500 mètres environ, d'anciennes carrières de gypse remblayées (fig. 16, pl. LIV) ; il pénétrait ensuite sur 150 mètres dans la première masse du gypse ; celui-ci disparaissait un peu en avant de la station « Place Martin-Nadaud », puis reparaissait dans presque toute la longueur de la branche Gambetta du terminus. En dehors des parties qui viennent d'être indiquées, on rencontrait les terrains de transport qui reposent sur le gypse : marnes supérieures du gypse, sables de Fontainebleau, déposés soit isolément, soit mélangés les uns aux autres, dans de profondes érosions des masses gypseuses ; en général, les marnes occupaient la partie inférieure des dépôts et étaient recouvertes par les sables ; l'ensemble présentait un véritable chaos dont la figure 16 donne une idée suffisante. Enfin, dans la branche de la rue Belgrand, la partie supérieure de la voûte du souterrain était située dans les terrains de remblais.

L'eau n'a été rencontrée qu'à partir de la station « Place Martin-Nadaud », mais au delà de ce point, tous les terrains, marnes ou

sables, en étaient imprégnés; l'eau, accumulée dans les couches supérieures, plus perméables, formait de petites nappes communiquant plus ou moins complètement entre elles.

On verra plus loin à quelles difficultés a donné lieu la présence de cette eau dans les sables au travers desquels devaient être construites diverses parties du terminus Gambetta.

Disons de suite que les entrepreneurs avaient traité avec la Compagnie des tramways de l'Est Parisien pour l'enlèvement des déblais par ses voies aux décharges sises à Noisy-le-Sec. Une partie des terres furent toutefois évacuées par le canal Saint-Martin qui, d'autre part, amenait les matériaux.

De l'origine jusqu'à la station « Place Martin-Nadaud », le souterrain put être construit sans difficultés spéciales par les méthodes ordinaires. Dans la traversée des anciennes carrières remblayées dont il a été question plus haut, on dut établir l'ouvrage sur une série de puits de profondeur variable traversant la couche de remblais pour reposer sur le sol ferme composé des marnes du gypse (fig. 16, pl. LIV); ces puits, d'un diamètre de 1,20 m., séparés dans le sens du tracé par des espaces variables (6 mètres en moyenne), étaient reliés longitudinalement et transversalement par des arcs de décharge; d'autre part, les piédroits du souterrain étaient, du côté extérieur, descendus verticalement (fig. 17 et 18, pl. LIV).

Nous avons fait connaître précédemment (Ouvrages spéciaux) les dispositions particulières adoptées pour le passage au-dessus du chemin de fer de Ceinture, passage qui n'a donné lieu à aucune difficulté.

Des procédés appropriés aux circonstances ont dû, à partir de la station « Place Martin-Nadaud », être employés pour l'établissement des ouvrages dans les marnes et sables mouillés; on sait que ces derniers, absolument fluents lorsqu'ils sont imbibés d'eau, prennent une cohésion très suffisante quand ils sont simplement humides.

Il fallait tout d'abord chercher à enlever l'eau d'imbibition des sables rencontrés; on put y parvenir au moyen de puits d'assèchement très rapprochés dans chacun desquels était installée une pompe. Le fonçage de ces puits a précisément constitué la grosse

difficulté à laquelle on s'est heurté dans toute la partie supérieure du sixième lot ; il fallait naturellement éviter le pompage direct qui eût entraîné le sable avec l'eau et causé ainsi des affouillements d'autant plus dangereux qu'ils seraient demeurés tout d'abord ignorés.

On installait donc en premier lieu, à l'emplacement de chaque puits, un forage tubé de 0,30 m. de diamètre traversant la couche des sables bouillants et pénétrant de 1,50 m. dans la glaise ; ce tubage constituait une sorte de puisard dans lequel était installée une pompe à chapelet (fig. 19, pl. LIV) ; l'eau ne pénétrait dans le tubage qu'au moyen de trous percés dans la tôle du tube au fur et à mesure du fonçage du puits.

Après mise en place du tubage, on construisait à la partie supérieure du puits, un cadre solide dont les pièces dépassaient de 1 mètre à 2 mètres les côtés de la fouille du puits ; ce cadre devait soutenir, au moyen de longrines fortement boulonnées, tous les autres cadres à poser à l'intérieur du puits ; ce dernier pouvait, sans trop de difficulté, être descendu jusqu'à 2 mètres ou 2,50 m. au-dessous du niveau supérieur de l'eau, mais, à partir de cette profondeur, il fallait recourir à un double blindage des parois de la fouille, le second blindage servant de couvre-joints au premier.

Ces blindages étaient enfoncés à la masse de 1,50 m. à 2 mètres au-dessous du fond de la fouille avant de poursuivre le fonçage du puits dont le fond était lui-même blindé jointivement au moyen de madriers simplement juxtaposés que l'on enfonçait, l'un après l'autre, de 0,10 m. à 0,15 m. seulement à la fois ; on enlevait alors le sable qui, pendant cette opération, s'était glissé entre les madriers, puis on répétait la manœuvre jusqu'à ce que l'on pût poser un nouveau cadre et poursuivre le blindage des parois.

Malgré un colmatage des joints du blindage avec du foin, on ne parvenait pas à empêcher totalement le passage du sable à travers ces joints, ce qui produisait des vides derrière les coffrages ; on remplissait soigneusement ces vides avec de la glaise, mais celle-ci descendait peu à peu pour combler les vides inférieurs ; il fallait donc avoir soin de « nourrir » le puits par la partie supérieure, c'est-à-dire de remplacer constamment la glaise qui glissait le long des parois.

Des puits de 7 mètres à 8 mètres de profondeur purent ainsi, avec beaucoup de peine et de temps, être descendus à travers les sables bouillants ; chacun d'eux, par un effet bien connu, asséchait le sol autour de lui, dans un rayon assez restreint, il est vrai ; mais, en multipliant autant que de besoin le nombre de ces puits, on pouvait obtenir l'assainissement du sol sur l'étendue nécessaire pour la construction des ouvrages.

C'est ainsi que fut construite toute la partie située sous la rue Belgrand. Les puits furent foncés à l'emplacement même du piédroit de gauche (côté de l'hôpital Tenon) ; dès que l'un d'eux était parvenu à fond, on maçonnait le piédroit et l'amorce de la voûte correspondant aux puits en ménageant des drains sous la maçonnerie ; les puits n'étant espacés que de 6 mètres d'axe en axe, leur intervalle se trouvait suffisamment assaini pour qu'on pût y descendre une tranchée permettant la construction du piédroit dans cet intervalle. Le piédroit de gauche ainsi construit avait assaini considérablement le sol environnant, de sorte que l'on put établir le piédroit de droite en galeries boisées de 12 mètres à 18 mètres de longueur (fig. 20, pl. LIV) ; le surplus du souterrain se poursuivit alors par les procédés habituels déjà décrits.

L'entrepreneur avait tenté, pour le fonçage des puits, d'employer des petits caissons à air comprimé mesurant 3 mètres sur 2 mètres ; mais l'extrême légèreté de ces engins en rendit la descente extrêmement difficile et, finalement, ils durent être abandonnés.

Sous la rue de la Chine, le souterrain de la boucle étant assez profondément placé, on chercha à assainir le sol, présentant d'énormes poches de sables mouillés (fig. 16, pl. LIV), avant de construire les piédroits. Dans ce but, on avait tout d'abord descendu, sur l'axe du tracé, des puits d'assèchement analogues à ceux décrits ci-dessus ; puis, en présence des difficultés rencontrées pour les mener à fond, on se décida à creuser dans la marne une galerie venant aboutir au-dessous de la couche de sable avec laquelle on la mit en communication au moyen d'un simple forage ; le fond de la galerie et le forage avaient été, avant percement total de ce dernier, comblés en pierres sèches, cailloux et graviers formant filtre et destinés à s'opposer à l'écoulement du sable, tout en laissant passer l'eau. Ce procédé réussit parfaitement et permit

de descendre le plan d'eau au-dessous du niveau du radier et de construire ainsi le souterrain dans des conditions à peu près normales.

Les stations du lot, toutes voûtées, et les ouvrages d'épanouissement (culottes) de plus de 10 mètres d'ouverture, ont été généralement construits comme suit : exécution des culées en galerie, percement d'une galerie axiale supérieure, construction de la voûte par abatages de 3 mètres de longueur séparés par des intervalles de 6 mètres, enlèvement du stross, enfin confection du radier. Lorsque les culées étaient situées près des fondations d'immeubles riverains, on opérait par puits reliés entre eux au moyen de galeries ; sur certains points où les culées affleuraient l'alignement de ces fondations, on les construisait par fouilles ouvertes de 3 mètres de longueur que l'on remblayait aussitôt ; dans ce cas, on surmontait les culées de contreforts s'élevant au-dessus du niveau inférieur des dites fondations.

Les explications qui précèdent, bien que très sommaires, suffiront à donner quelque idée des difficultés rencontrées sur cette partie de la ligne n° 3, et des procédés employés pour les vaincre.

e. Délais d'exécution. — Nous donnons ci-dessous le texte de l'article du cahier des charges spécifiant les délais d'exécution impartis aux entrepreneurs des lots numéros 1, 2, 3, 4, 5 et 6 de la ligne ; ce même renseignement a été donné plus haut pour le passage sous le canal Saint-Martin (Procédés d'exécution).

« Il sera accordé à l'entrepreneur un délai de trois mois, à partir de la notification de l'approbation de l'adjudication, pour organiser ses chantiers.

« Tous les travaux de construction d'ouvrages et travaux accessoires afférents à chaque lot, tels que comblement des galeries et puits, et remise en état des lieux, devront être présentés en état de réception dans les délais indiqués au tableau ci-après, comptés de la notification de l'approbation de l'adjudication.

1 ^{er} lot	15 mois.
2 ^e —	20
3 ^e —	18 —
4 ^e —	12 —
5 ^e —	14 —
6 ^e —	20 —

f. Mise en exploitation. — Les travaux de la ligne n° 3 ont été exécutés sous la haute direction de M. F. Bienvenüe, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Chef du Service technique, assisté de M. L. Biette, Ingénieur en chef adjoint au chef du service, et de MM. Locherer, Ingénieur en chef, Briotet, Ingénieur, et Pollet, Ingénieur auxiliaire des Ponts et Chaussées, chargés respectivement des sections Centre, Est et Ouest.

Le 19 octobre 1904 avait lieu la mise en service de la partie de ligne comprise entre l'origine, au boulevard de Courcelles (boucle Monceau) et la station « Père-Lachaise » incluse. Le surplus ayant été retardé par les difficultés exceptionnelles d'exécution dont il a été parlé ci-avant, la totalité de la ligne ne put être ouverte à l'exploitation que quelques mois plus tard, le 25 janvier 1905.

APPENDICE

RÉSULTATS DE L'EXPLOITATION DES LIGNES EN SERVICE AU 31 DÉCEMBRE 1907.

Aux termes de l'article 14 du cahier des charges annexé à la loi du 30 mars 1898, le nombre minimum de voyages quotidiens dans chaque sens était fixé à 135, chaque train devant comprendre, au minimum, 100 places.

Dès le début, ces conditions furent reconnues bien insuffisantes et le trafic prit un essor qui laissa loin derrière lui les prévisions les plus optimistes.

C'est ainsi qu'au 31 décembre 1907, date à laquelle se rapportent les indications qui vont suivre, les lignes en exploitation étaient desservies comme suit.

	LIGNES			
	n° 1.	n° 2 (Nord).	n° 3.	n° 2 (Sud) et 5.
Nombre de trains	26	29	20	31
Places offertes par train	378	330	374	275
Nombre de courses dans chaque sens :				
1° Jours ouvrables	305	297	299	285
2° Dimanches et jours fériés	300	300	212	285

Le service est réglé d'après un horaire fixé par le préfet de police; le premier départ a lieu à 5 h. 30 du matin, le dernier à minuit et demi.

Dans l'intervalle, les trains se succèdent de 3 en 3 minutes aux heures les plus chargées (et même 2' 1/2 en 2' 1/2 sur la ligne n° 3, de 5 heures à 8 heures du soir); de 4 en 4 minutes aux heures ordinaires, et de 6 en 6 minutes aux heures creuses. Les jours de grande affluence, des trains supplémentaires sont, en tant que de besoin, mis à la disposition du public.

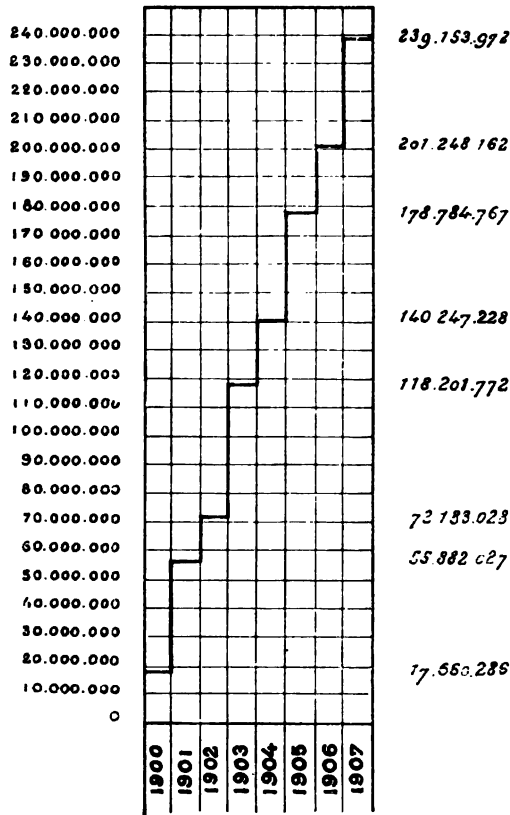
Au 31 décembre 1907, le matériel roulant de la Compagnie concessionnaire de l'exploitation comprenait 365 motrices et 410 remorques, savoir:

Motrices à essieux fixes, de 8,26 m. de longueur hors tampons. . .	12
— à bogies, unités multiples, de 11,47 m. —	221
— — — — — 11,58 m. —	36
— — — — — 11,63 m. —	4
— — — unités doubles, de 11,77 m. —	2
— — — unités multiples, de 13,97 m. —	90
Total.	365

408 LE CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN MUNICIPAL DE PARIS

Remorques de 1 ^{re} classe, essieux fixes, de 8 m. à 9,29 m. hors tampons	108
— 2 ^e classe,	153
— 1 ^{re} classe, à bogies, de 11,80 m.	48
— — — de 13,10 m.	28
— 2 ^e classe, — de 11,80 m.	45
— — — de 13,10 m.	28
Total	410

La composition des trains est usuellement la suivante (on sait que leur longueur totale maximum est fixée à 72 mètres par l'article 15, § 1 du cahier des charges).

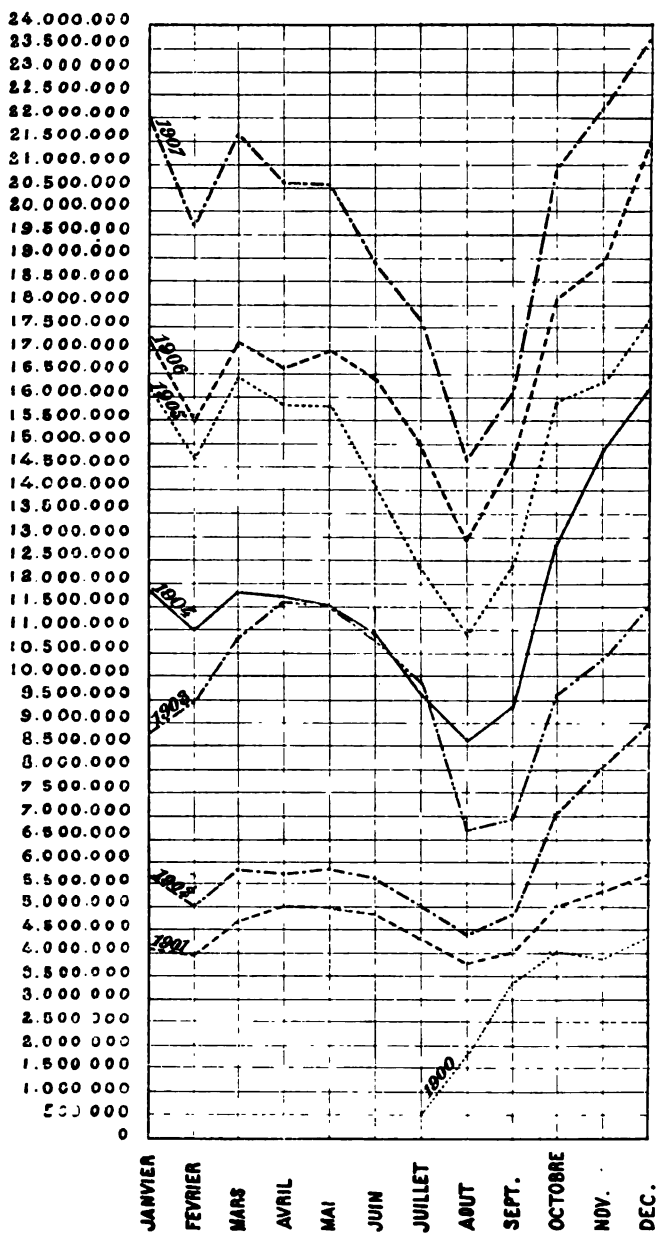


GRAPHIQUE I. — Mouvement des voyageurs pour l'ensemble des lignes en exploitation de 1900 à 1907.

1^o Sur la ligne n° 1: trains de 6 voitures formés de 3 motrices à bogies de 11,47 m. et de 3 remorques à bogies de 11,80 m.

2^o Sur la ligne n° 2 Nord: trains de 6 voitures formés de 2 motrices à bogies de 11,47 m. et de 4 remorques à essieux fixes de 8,96 m.

3^o Sur la ligne n° 3: trains de 5 voitures formés de 3 motrices à bogies de 13,97 m. et de 2 remorques à bogies de 13,10 m.



GRAPHIQUE II. — Mouvement des voyageurs pour l'ensemble des lignes en exploitation de 1900 à 1907.

4° Sur les lignes n°2 Sud et 3 : trains de 5 voitures formés de 2 motrices à bogies de 11,58 m. et de 3 remorques à essieux fixes de 8,96 m.

410 LE CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN MUNICIPAL DE PARIS

Pour la complète intelligence des indications qui vont suivre, avec tableaux et graphiques à l'appui, il convient de rappeler tout d'abord les dates de mise en service des lignes ou tronçons composant la partie du réseau en exploitation au 30 avril 1908.

TABLEAU A

LIGNES	TRONÇONS	DATES de mise en service.	
N° 1	Porte de Vincennes-Porte Maillot	19 juillet	1900
	Porte Dauphine-Place de l'Etoile	13 décembre	1900
N° 2 Nord .	Place de l'Etoile-Place d'Anvers	7 octobre	1902
	Place d'Anvers-Rue de Bagnole	30 janvier	1903
	Rue de Bagnole-Place de la Nation	2 avril	1903
	Place de l'Etoile-Trocadéro	2 octobre	1900
	Trocadéro-Quai de Passy	5 novembre	1903
N° 2 Sud et 3	Quai de Passy-Place d'Italie	24 avril	1906
	Place d'Italie-Gare d'Orléans	2 juin	1906
	Gare d'Orléans-Place Mazas	14 juillet	1906
	Place Mazas-Rue de Lancry	17 décembre	1906
	Rue de Lancry-Gare du Nord	15 novembre	1907
N° 3	Villiers-Père-Lachaise	19 octobre	1904
	Père-Lachaise-Place Gambetta	25 janvier	1905
N° 4	Porte de Clignancourt-Châtelet	21 avril	1908

Chacune des lignes désignées est entrée en exploitation normale et complète aux dates ci-après :

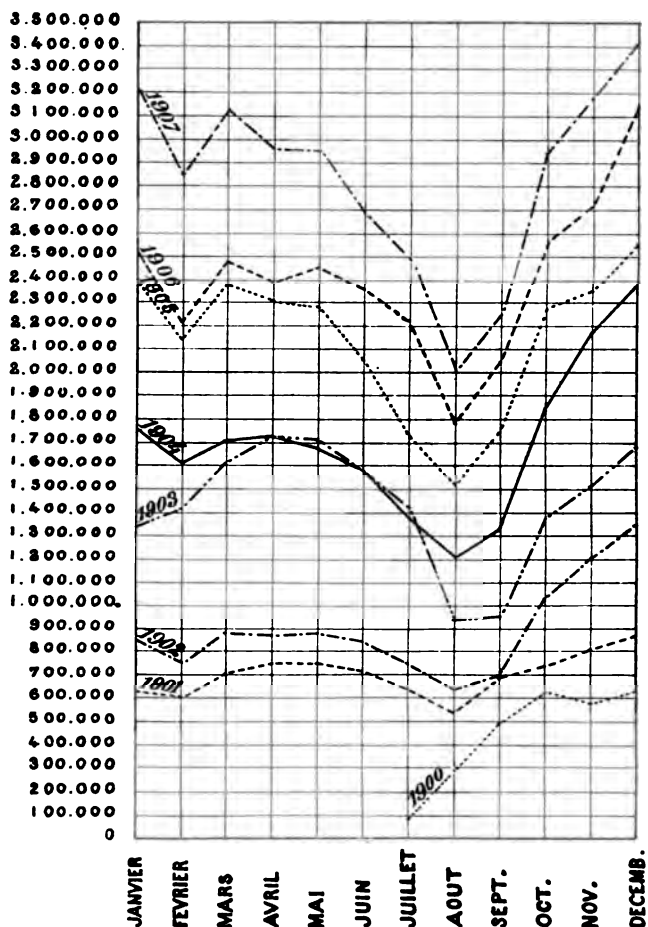
Ligne n° 1	19 juillet	1900
— n° 2 Nord	2 avril	1903
— n° 2 Sud et 3 (réunies)	15 novembre	1907
— n° 3	25 janvier	1905

TABLEAU B. — *Mouvement des voyageurs et recettes brutes pour l'ensemble des lignes en exploitation (de 1900 à 1907 inclus).*

ANNÉES	NOMBRE TOTAL de voyageurs transportés.	RECETTE BRUTE TOTALE de l'exploitation.
1900	17 660 286	2 694 563,45
1901	55 882 027	8 348 285,65
1902	72 183 028	10 761 677,65
1903	118 201 772	17 290 839,25
1904	140 247 228	20 318 954,95
1905	178 784 767	25 705 948,55
1906	201 248 162	28 753 347,75
1907	239 153 972	34 038 990,40

Pour l'ensemble des lignes exploitées, le mouvement des voyageurs a été constamment en croissant, ce qui n'a rien que de naturel. Le tableau B montre

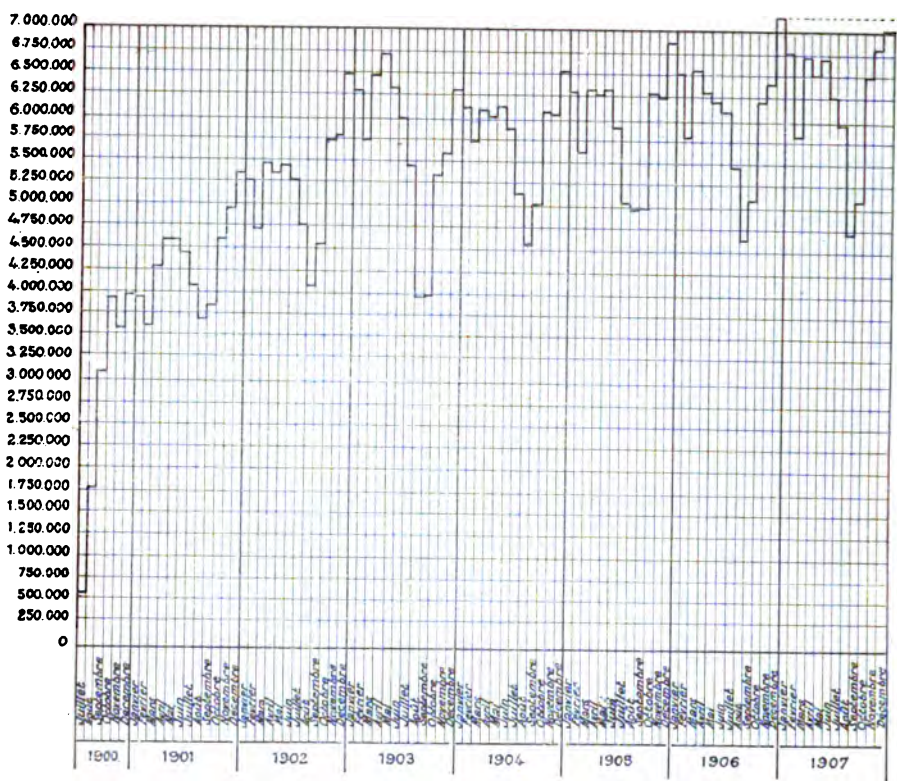
que le nombre total de voyageurs transportés s'est élevé, en 1907, à près de 240 millions, correspondant à une recette brute de 34 millions de francs (dans les tableaux qui suivent, les porteurs de billets d'aller et retour sont comptés chacun pour deux unités).



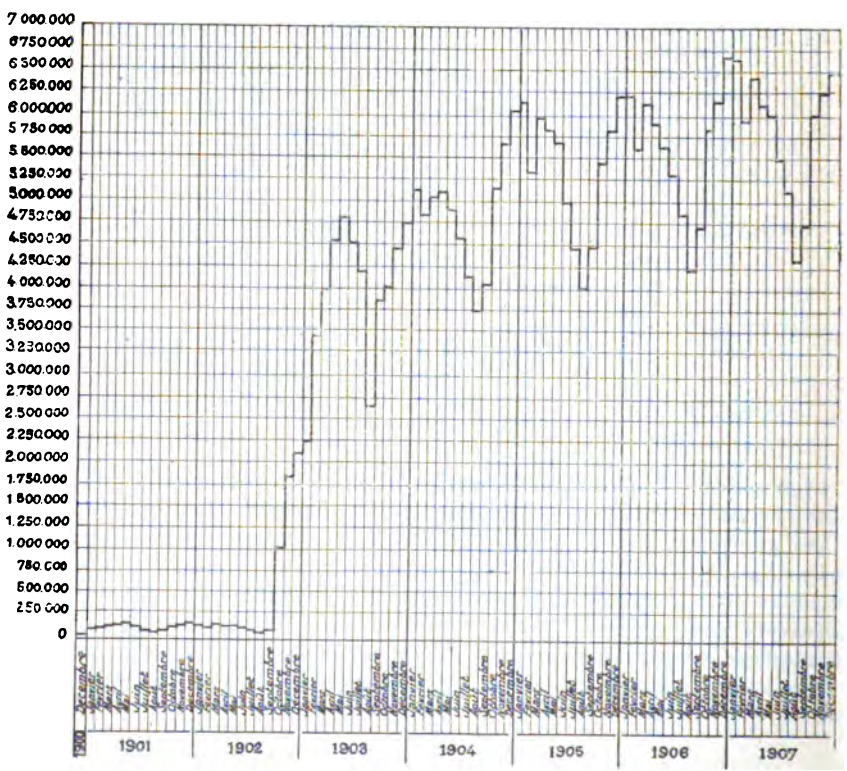
GRAPHIQUE III. — Recettes brutes pour l'ensemble des lignes en exploitation de 1900 à 1907.

Le graphique I traduit de façon tangible la progression du nombre de voyageurs depuis l'ouverture de la première fraction, en 1900, jusqu'à fin 1907.

Les graphiques II et III montrent respectivement pour la même période, mais de mois en mois, la marche du mouvement des voyageurs (graphique II) et des recettes (graphique III); leur examen fait ressortir que l'affluence des voyageurs n'est pas constante d'un bout de l'année à l'autre; elle varie suivant la saison et conformément à une loi qui se manifeste dans toutes les entreprises de transport en commun de Paris: le minimum correspond au mois d'août,



GRAPHIQUE IV. — Mouvement des voyageurs sur la ligne n° 1 de 1900 à 1907.



GRAPHIQUE V. — Mouvement des voyageurs sur la ligne n° 2 Nord de 1900 à 1907.

TABLEAU C. — *Nombre de voyageurs transportés de 1900 à 1907 sur les lignes nos 1, 2 Nord et 3.*

ANNÉES	LIGNE N° 1	LIGNE N° 2 NORD	LIGNE N° 3
1900	16 861 444	59 102	»
1901	52 096 285	1 419 930	»
1902	63 021 068	6 226 513	»
1903	67 993 147	46 423 979	»
1904	69 649 045	58 438 343	6 452 372
1905	70 616 658	64 580 637	37 187 027
1906	72 485 636	67 163 625	40 323 021
1907	74 998 503	69 548 012	44 666 053

TABLEAU D. — *Recettes brutes de l'exploitation de 1900 à 1907 sur les lignes nos 1, 2 Nord et 3.*

ANNÉES	LIGNE N° 1	LIGNE N° 2 NORD	LIGNE N° 3
1900	2 569 289,15	9 676,60	»
1901	7 764 433,85	229 269,65	»
1902	9 376 200,10	947 581,65	»
1903	10 115 876,65	6 624 195,60	»
1904	10 362 611,75	8 106 622,50	985 887,35
1905	10 443 261,10	8 929 950,30	5 440 978,85
1906	10 652 640,70	9 267 285,55	5 901 280,55
1907	11 036 534,50	9 603 031,60	6 583 702,75

TABLEAU E. — *Nombre de voyageurs transportés par kilomètre de ligne.*

ANNÉES	LIGNE N° 1 (longueur : 10 576,31 m.).	LIGNE N° 2 NORD (longueur : 12 413,93 m.).	LIGNE N° 3 (longueur : 7 906,09 m.).
1900	1 026 960	»	»
1901	4 925 752	»	»
1902	5 958 701	»	»
1903	6 428 816	3 739 668	»
1904	6 585 382	4 707 481	»
1905	6 676 871	5 202 272	4 703 593
1906	6 853 585	5 410 343	5 100 248
1907	7 091 179	5 602 417	5 619 576

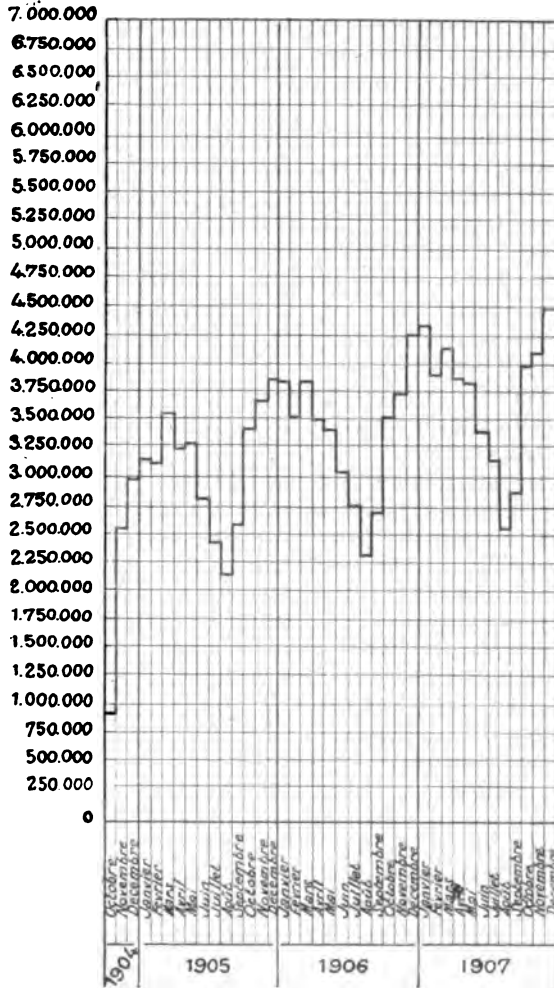
période de l'exode annuel des Parisiens vers la mer, la montagne ou la campagne, après laquelle le trafic tend à augmenter, d'abord lentement en septembre, puis brusquement en octobre, moment de la rentrée des classes; il poursuit son ascension pour atteindre son maximum en décembre, après quoi.

TABLEAU F. — *Mouvement des voyageurs et recettes brutes pendant les douze mois de 1907 sur les lignes nos 1, 2 Nord et 3.*

MOIS	VOYAGEURS TRANSPORTÉS			RECETTES BRUTES (en francs et centimes)		
	Ligne n° 1.	Ligne n° 2 Nord.	Ligne n° 3.	Ligne n° 1.	Ligne n° 2 Nord.	Ligne n° 3.
Janvier	6 769 684	6 623 162	4 363 153	1 010 536,00	934 530,55	656 991,20
Février	5 962 446	5 836 818	3 883 307	883 743,75	814 408,25	579 996,55
Mars	6 732 282	6 428 120	4 159 906	997 659,45	896 215,15	620 165,75
Avril	6 504 030	6 197 552	3 870 504	942 882,70	866 827,00	574 044,25
Mai	6 723 049	6 020 620	3 806 297	997 132,65	837 431,55	562 271,05
Juin	6 258 473	5 492 469	3 384 428	921 235,50	757 314,30	495 176,20
Juillet	5 782 103	5 194 735	3 147 089	838 016,40	706 869,70	455 003,15
Août	4 704 042	4 339 303	2 566 216	665 386,40	575 657,30	361 651,20
Septembre	5 173 951	4 729 194	2 898 543	739 885,80	636 094,85	415 954,05
Octobre	6 494 988	6 007 236	3 987 422	945 476,35	817 207,65	586 610,05
Novembre	6 872 977	6 225 573	4 104 520	1 036 579,05	862 768,45	607 775,45
Décembre	7 020 478	6 453 201	4 494 668	1 048 000,45	898 006,55	668 063,85
Totaux	74 998 503	69 548 012	44 666 053	11 036 534,50	9 603 031,60	6 583 702,75

les fêtes du jour de l'an passées, il tombe nettement en février, se relève en mars et avril, pour décroître de nouveau peu à peu jusqu'en août.

Il a paru intéressant de montrer également, toujours pour la période 1900-1907, les résultats afférents à chacune des lignes n° 1, 2 Nord et 3; nous laissons de côté ici la combinaison 2 Sud-3 dont la mise en service



GRAPHIQUE VI. — Mouvement des voyageurs sur la ligne n° 3 de 1904 à 1907.

(15 novembre 1907) est trop récente pour qu'on puisse encore, à l'heure actuelle (avril 1908), tirer quelque conclusion relative à son trafic propre.

Le tableau C donne le mouvement des voyageurs sur les lignes n° 1, 2 Nord et 3; on remarquera que l'ouverture successive des divers tronçons de la ligne n° 2 Nord et de la ligne n° 3 n'a pas entravé sensiblement le trafic de la ligne n° 1 qui se maintient en progression, aussi bien que celui des deux

autres lignes. Ce fait n'a, d'ailleurs, rien qui doive étonner, car l'on sait que les déplacements d'une population tendent à augmenter au fur et à mesure que se développent les moyens de transport mis à sa disposition ; on peut dire ici que « l'organe crée le besoin ».

Les graphiques IV, V et VI représentent respectivement pour les lignes n^{os} 1, 2 Nord et 3, les résultats de l'exploitation (mouvement des voyageurs) depuis leur mise en service jusqu'à fin 1907. Ici encore, la loi de variation par saisons est très nettement marquée et partout on constate la présence du minimum estival et du maximum de décembre. Cependant, une exception s'est produite en ce qui concerne ce dernier pour l'année 1903 ; on voit nettement sur les graphiques IV et V que la courbe a subi une sorte de « tassement » à partir d'août 1903 : ce phénomène n'est autre chose que la conséquence de la catastrophe survenue le 10 août de cette même année, à la suite de laquelle, sous l'influence d'un sentiment de crainte évidemment exagérée, une partie du public déserta le Métropolitain. Ajoutons que, peu à peu, le calme se fit dans les esprits et les choses reprirent un cours normal au courant de l'année 1904. Le « tassement » accusé par la ligne n^o 1 coïncide, d'ailleurs, avec les ouvertures successives des lignes n^o 2 Nord et n^o 3, survenues précisément au cours des années 1903 et 1904.

Dans le tableau D, sont portés les chiffres des recettes brutes correspondant au mouvement du tableau C et des graphiques IV, V et VI qui viennent d'être analysés ci-dessus.

Il ressort des indications qui précèdent que le trafic des lignes métropolitaines dépasse de beaucoup celui de tous les chemins de fer, tant en France qu'à l'étranger. Comme point de comparaison, on peut prendre le mouvement des voyageurs sur la ligne de Paris à Auteuil qui est particulièrement chargée. En 1903, sur un total de 23 785 451 voyageurs, 12 019 069 étaient en transit : il restait donc, pour la ligne d'Auteuil elle-même, 12 739 382 voyageurs, ce qui, pour une longueur de 9 kilom. environ, correspond à 1 300 000 voyageurs par kilomètre et par an. La même année, le nombre des voyageurs transportés par kilomètre a été de 6 428 816 sur la ligne n^o 1 et de 3 739 668 sur la ligne n^o 2 Nord ; ces chiffres se sont élevés respectivement, en 1907, à 7 091 179 et 5 602 417 et le même élément a atteint 5 649 576 sur la ligne n^o 3. Le tableau E donne cette indication, pour chacune des trois lignes et par année, de 1900 à 1907.

TABLEAU G. — Nombre de billets de diverses catégories délivrés en 1907 sur les lignes n^{os} 1, 2 Nord et 3.

DÉSIGNATION des billets.	LIGNE n ^o 1	PROPOR- TION p. 100.	LIGNE n ^o 2 NORD	PROPOR- TION p. 100.	LIGNE n ^o 3	PROPOR- TION p. 100.
1 ^{re} classe	9 167 825	14,55	5 550 060	10,07	5 476 858	14,55
2 ^e classe	41 894 246	66,47	35 120 893	63,74	25 151 534	66,81
Aller et retour	11 962 261	18,98	14 434 182	26,19	7 017 969	18,64
		100,00		100,00		100,00

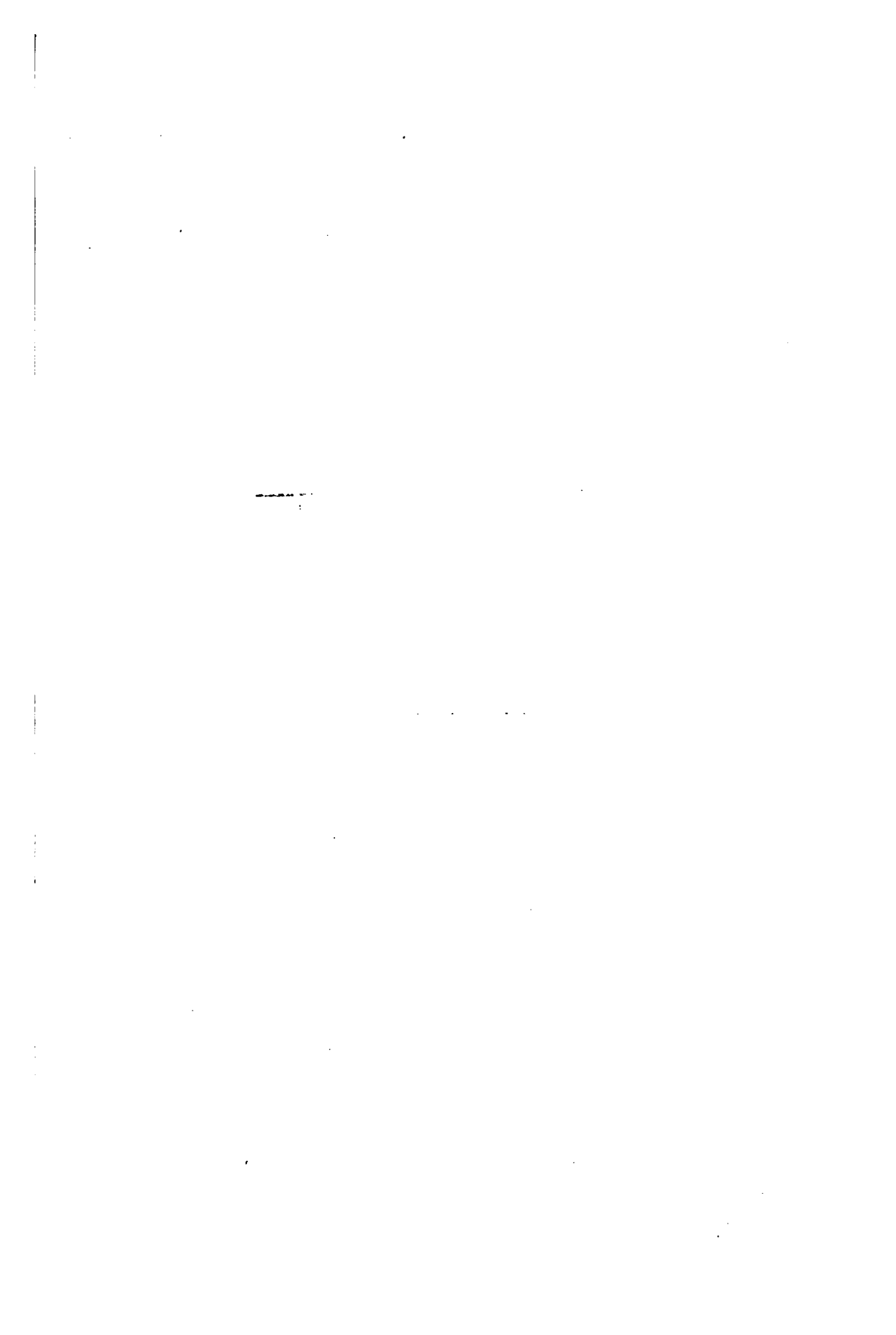
Le tableau F donne, pour les mêmes lignes et pour chacun des mois de 1907, le mouvement des voyageurs et le montant des recettes brutes réalisées.

La proportion des billets de diverses classes varie suivant les lignes; d'une façon générale, la seconde classe l'emporte de beaucoup sur la première qui est également dépassée par les billets d'aller et retour. Le tableau G permet de se rendre compte de la proportion de chaque nature de billets afférente aux lignes n^{os} 1, 2 Nord et 3.

Enfin, le tableau H donne la proportion de chaque sorte de billets délivrés en 1907 sur l'ensemble des lignes n^{os} 1, 2 Nord, 3 et 2 Sud-5.

TABLEAU H. — *Nombre de billets de diverses catégories délivrés en 1907 sur l'ensemble des lignes exploitées.*

Billets de 1 ^{re} classe	23 813 666,	soit	12,22 p. 100.
— de 2 ^e classe	126 650 854	—	65,02 —
— d'aller et retour . . .	44 330 690	—	<u>22,76 —</u>
			100,00



ANNEXES

ANNEXE A

Loi autorisant la Ville de Paris à contracter un emprunt de 170 000 000 francs.

Le Sénat et la Chambre des députés ont adopté.

Le Président de la République promulgue la loi dont la teneur suit :

ARTICLE PREMIER. — La Ville de Paris est autorisée à emprunter, à un taux d'intérêt n'excédant pas trois cinquante pour cent (3,50 p. 100) intérêts, primes de remboursement et lots compris, une somme de cent soixante-dix millions de francs (170 000 000 fr.) remboursable en soixante-quinze ans, à partir de 1904, et destinée à pourvoir à la construction des lignes du chemin de fer métropolitain mentionnées dans une délibération municipale du 13 mars 1903, ainsi qu'aux frais de l'emprunt, lesquels ne devront pas excéder trois millions cinq cent mille francs (3 500 000 fr.).

Le montant des lots applicables aux obligations sorties à chaque tirage ne pourra dépasser annuellement la somme de sept cent mille francs (700 000 fr.).

Il sera statué par décret sur le mode et les conditions de réalisation de l'opération.

ART. 2. — Le service de l'emprunt, en capital et intérêts, sera effectué au moyen de prélèvements à opérer sur la recette brute du chemin de fer et au besoin sur les recettes ordinaires de la caisse municipale.

La totalité des prélèvements opérés sur la recette brute sera affectée à l'amortissement de l'emprunt et par anticipation si les circonstances le permettent.

ART. 3. — Les actes susceptibles d'enregistrement auxquels donnerait lieu l'emprunt autorisé par la présente loi seront passibles du droit fixe de un franc (1 fr.).

La présente loi, délibérée et adoptée par le Sénat et par la Chambre des députés, sera exécutée comme loi de l'Etat.

Fait à Paris, le 26 juin 1903.

Signé : EMILE LOUBET.

PAR LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE :

Le Président du Conseil, ministre de l'Intérieur et des Cultes,

Signé : E. COMBES.

ANNEXE B

Loi déclarant d'utilité publique le prolongement, sur la porte de Champerret, de la ligne métropolitaine n° 3 de Courcelles à Ménilmontant.

Le Sénat et la Chambre des députés ont adopté,

Le Président de la République promulgue la loi dont la teneur suit :

ARTICLE PREMIER. — Est déclaré d'utilité publique, à titre d'intérêt local, l'établissement, dans Paris, d'un prolongement, sur la porte de Champerret, de la ligne métropolitaine n° 3 de Courcelles à Ménilmontant.

ART. 2. — La Ville de Paris est autorisée à pourvoir à l'exécution et à l'exploitation dudit prolongement dans les conditions déterminées par la loi du 30 mars 1898 et conformément aux clauses et conditions de la convention passée, le 25 février 1905, entre le Préfet de la Seine et la Compagnie du chemin de fer métropolitain de Paris.

Une copie certifiée conforme de cette convention restera annexée à la présente loi.

La présente loi, délibérée et adoptée par le Sénat et par la Chambre des députés, sera exécutée comme loi de l'Etat.

Fait à Paris, le 26 février 1907.

Signé : A. FALLIÈRES.

PAR LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE :

Le Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes.

Signé : LOUIS BARTHOU

CONVENTION

Entre les soussignés :

Justin-Germain-Casimir de Selves, Préfet de la Seine, grand-officier de la Légion d'honneur, officier de l'Instruction publique, agissant au nom de la Ville de Paris, en vertu d'une délibération du Conseil municipal de Paris en date du 30 décembre 1904.

D'une part,

Et la Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris, Société anonyme établie à Paris, 34, avenue de l'Opéra, ladite Société représentée par MM. Berthelot, administrateur délégué, et Garreta, directeur des travaux, agissant en vertu des pouvoirs qui leur ont été conférés par délibération du Conseil d'administration en date du 25 novembre 1904.

D'autre part,

Il a été convenu ce qui suit :

ARTICLE PREMIER. — La Ville de Paris concède à la Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris, sous réserve de la déclaration d'utilité publique,

une ligne formant prolongement de la ligne n° 3 sur la porte de Champerret, visée par la délibération du Conseil municipal de Paris en date du 26 mars 1904.

ART. 2. — Cette concession est faite aux conditions des convention et cahier des charges annexés à la loi du 30 mars 1898 et conformément aux prescriptions de ladite loi.

Pour l'application, en particulier, des articles 5 et 6 de la convention, le prolongement de la ligne n° 3 sur la porte de Champerret formera une neuvième fraction désignée par la lettre J.

Pour l'application de l'article 16 du cahier des charges, elle est rangée dans le troisième réseau.

Fait double à Paris, le 25 février 1905.

LU ET APPROUVÉ :

Le Préfet de la Seine,

Signé : J. DE SELVES.

LU ET APPROUVÉ :

L'Administrateur délégué,

Signé : A. BERTHELOT.

LU ET APPROUVÉ :

Le Directeur des travaux,

Signé : H. GARRETA.

ANNEXE C

Loi déclarant d'utilité publique un embranchement de la ligne métropolitaine n° 7 du Palais-Royal à la place du Danube sur la porte de la Villette, par le faubourg Saint-Martin et la rue de Flandre.

Le Sénat et la Chambre des députés ont adopté.

Le Président de la République promulgue la loi dont la teneur suit :

ARTICLE PREMIER. — Est déclaré d'utilité publique, à titre d'intérêt local, l'établissement, dans Paris, d'un embranchement sur la porte de la Villette, de la ligne métropolitaine n° 7 du Palais-Royal à la place du Danube.

ART. 2. — La Ville de Paris est autorisée à pourvoir à l'exécution et à l'exploitation dudit embranchement dans les conditions déterminées par la loi du 30 mars 1898 et conformément aux clauses et conditions de la convention passée, le 25 février 1905, entre le préfet de la Seine et la Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris.

Une copie certifiée conforme de cette convention restera annexée à la présente loi.

La présente loi, délibérée et adoptée par le Sénat et par la Chambre des députés sera exécutée comme loi de l'Etat.

Fait à Paris, le 26 février 1907.

Signé : A. FALLIÈRES.

PAR LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE:

Le ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes.

Signé : LOUIS BARTHOU.

CONVENTION

Entre les soussignés :

Justin-Germain-Casimir de Selves, Préfet de la Seine, grand-officier de la Légion d'honneur, officier de l'Instruction publique, agissant au nom de la Ville de Paris, en vertu d'une délibération du Conseil municipal de Paris en date du 30 décembre 1904.

D'une part,

Et la Compagnie du chemin de fer métropolitain de Paris, Société anonyme établie à Paris, 31, avenue de l'Opéra, ladite Société représentée par MM. Berthelot, Administrateur délégué, et Garreta, Directeur des Travaux, agissant en vertu des pouvoirs qui leur ont été conférés par délibération du Conseil d'administration en date du 25 novembre 1904,

D'autre part,

Il a été convenu ce qui suit :

ARTICLE PREMIER. — La Ville de Paris concède à la Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris, sous réserve de la déclaration d'utilité publique, une ligne formant embranchement de la ligne n° 7 sur la porte de la Villette, visée par la délibération du Conseil municipal de Paris en date du 26 mars 1904.

ART. 2. — Cette concession est faite aux conditions des convention et cahier des charges annexés à la loi du 30 mars 1898 et conformément aux prescriptions de ladite loi.

Pour l'application, en particulier, des articles 5 et 6 de la convention, l'embranchement de la ligne n° 7 sur la porte de la Villette formera une dixième fraction, désignée par la lettre K.

Pour l'application de l'article 16 du cahier des charges, elle est rangée dans le troisième réseau.

Fait double à Paris, le 23 février 1905.

LU ET APPROUVÉ :

Le Préfet de la Seine,

Signé : J. DE SELVES.

LU ET APPROUVÉ :

L'Administrateur délégué,

Signé : A. BERTHELOT.

LU ET APPROUVÉ :

Le Directeur des Travaux,

Signé : H. GARRETA.

ANNEXE D

COMMUNICATIONS DE QUAI A QUAI DANS LES STATIONS D'ÉCHANGE

CONVENTION

Entre les soussignés :

Justin-Germain Casimir de Selves, préfet de la Seine, grand-croix de la Légion d'honneur, officier de l'Instruction publique, agissant au nom de la

Ville de Paris et en vertu d'une délibération du Conseil municipal de Paris en date du 29 décembre 1905.

D'une part.

Et la Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris, Société anonyme établie à Paris, 31, avenue de l'Opéra, ladite Société représentée par MM. Berthelot, Administrateur délégué, et Garreta, Directeur des Travaux, agissant en vertu des pouvoirs qui leur ont été conférés par délibérations du Conseil d'administration en dates des 22 septembre 1905 et 16 mars 1906,

D'autre part.

Il a été exposé ce qui suit :

En ce qui concerne les communications à établir, au moyen de galeries et escaliers, entre les quais de stations distinctes aux points d'échange des lignes métropolitaines, la Ville de Paris d'une part, la Compagnie du Chemin de fer métropolitain d'autre part, ont apprécié de façon différente l'étendue des obligations imposées à la Compagnie par les conditions de la concession, telles que ces conditions résultent du cahier des charges et de la convention annexés à la loi du 30 mars 1898. La Ville de Paris estime que ces ouvrages rentrent dans les travaux mis à la charge de la Compagnie par l'article 4 de la convention précitée. La Compagnie soutient qu'ils ne doivent pas être compris dans les ouvrages prévus par ladite convention, et qu'ils tiennent lieu d'ouvrages mis par celle-ci à la charge de la Ville.

Dans un but de conciliation, les deux parties contractantes arrêtent d'un commun accord les dispositions ci-après :

ARTICLE PREMIER. — La Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris, s'engage à exécuter à ses frais tous les travaux des communications à établir au moyen de galeries et escaliers, entre les quais de stations distinctes aux points d'échange des lignes métropolitaines, lorsque l'utilité en aura été reconnue d'un commun accord entre la Ville et la Compagnie.

ART. 2. — Les communications de station à station qui se feraient au moyen d'ascenseurs demeurent en dehors de l'engagement exprimé en l'article 1^{er}. Elles relèveront exclusivement du régime qui sera ultérieurement institué par une convention spéciale à intervenir pour l'établissement et l'exploitation des ascenseurs.

ART. 3. — Les ouvrages visés en l'article 1^{er} seront d'ailleurs soumis aux conditions du cahier des charges et de la convention annexés à la loi du 30 mars 1898, notamment en ce qui concerne la présentation des projets (articles 11 et 11 bis du cahier des charges).

Fait double à Paris le 23 mai 1906.

LU ET APPROUVÉ :

Le Préfet de la Seine.

Signé : J. DE SELVES.

Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris.

LU ET APPROUVÉ :

L'Administrateur délégué.

Signé : A. BERTHELOT.

LU ET APPROUVÉ :

Le Directeur des Travaux.

Signé : H. GARRETA.

ANNEXE E

ASCENSEURS

CONVENTION

Entre les soussignés :

Justin-Germain-Casimir de Selves, Préfet de la Seine, grand-croix de la Légion d'honneur, officier de l'Instruction publique, agissant au nom de la Ville de Paris et en vertu d'une délibération du Conseil municipal de Paris en date du 13 avril 1906,

D'une part,

Et la Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris, Société anonyme établie à Paris, 31, avenue de l'Opéra, ladite Société représentée par MM. Berthelot, Administrateur délégué, et Garreta, Directeur des Travaux, agissant en vertu des pouvoirs qui leur ont été conférés par délibérations du Conseil d'Administration en dates des 22 septembre 1905 et 14 avril 1906.

D'autre part,

Il a été convenu ce qui suit :

ARTICLE PREMIER. — La Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris s'oblige, aux conditions définies ci-après, à établir des ascenseurs pour le service des voyageurs, dans toute station réunissant cette double condition que la distance verticale entre le sol au débouché de l'accès et le quai dépasse 12 mètres, et que la distance entre le plancher de la salle de recettes et le quai dépasse 8 mètres.

Cette obligation, applicable à l'ensemble des lignes métropolitaines concédées, concerne nommément les stations suivantes : Place de l'Etoile (ligne n° 2), Père-Lachaise (ligne n° 2), Place de la République (ligne n° 3), Avenue Parmentier, Place Denfert-Rochereau (ligne n° 2), Gare de l'Est (ligne n° 4), le Châtelet, La Cité, Place Saint-Michel, Rue du Château-Landon, Rue Louis-Blanc (voie de droite), Rue d'Allemagne, Rue Bolivar, Buttes-Chaumont, Rue de Crimée, Place du Danube (arrivée), Opéra (ligne n° 8) sur le réseau actuellement déclaré d'utilité publique, et Place Péreire sur les embranchements concédés où la déclaration d'utilité publique n'est pas encore intervenue, sans que d'ailleurs l'énumération qui précède soit limitative ou puisse être opposée à l'indication générale exprimée dans le premier paragraphe.

ART. 2. — La même obligation est étendue aux stations d'échange entre deux lignes qui se touchent ou qui se croisent, toutes les fois que la distance verticale entre les quais de leurs stations correspondantes sera supérieure à 12 mètres.

Cette extension concerne nommément les points d'échange suivants : Boulevard de Rochechouart (ligne n° 4) avec Boulevard Barbès (ligne n° 2), Rue d'Allemagne (ligne n° 7) avec ligne n° 2, Boulevard de Grenelle (ligne n° 8) avec Avenue de La Motte-Picquet (ligne n° 2), sous le bénéfice de l'observation relative à l'énumération de même nature inscrite en l'article 1^{er}.

ART. 3. — La Ville de Paris supportera la moitié des dépenses de toute nature

nécessités par la construction et l'exploitation des ascenseurs et fixées à forfait pour l'exploitation dans les conditions définies ci-après :

ART. 4. — Le service des ascenseurs se fera pour la montée des voyageurs. Il se fera également pour la descente dans la mesure compatible avec le bon et rapide fonctionnement de ce service. Il sera entièrement gratuit, sauf ce qui sera dit à l'article 5.

ART. 5. — Il y aura normalement dans chaque station deux ascenseurs, desservant séparément chacun des quais. Toutefois ce nombre pourra être réduit à un, s'il est reconnu par les parties que le service peut dans ces conditions être convenablement assuré. Il pourra être augmenté jusqu'à trois ou quatre, d'un commun accord entre les parties contractantes. Dans ce cas, un ou deux des ascenseurs supplémentaires pourront être payants.

ART. 6. — Le type normal sera celui d'un ascenseur à cage pouvant élever verticalement 60 personnes, à la vitesse de 1 mètre par seconde. Le nombre de places pourra être réduit de 60 à 40, en cas d'impossibilité reconnue par la Ville de Paris.

Il pourra d'ailleurs, d'un commun accord entre les parties contractantes, être fait application d'appareils d'autres systèmes, d'un débit au moins équivalent, tels que ceux du système dit escalator, dont la Compagnie s'engage à faire une installation dans le délai d'un an.

ART. 7. — La Ville de Paris exécutera le logement des ascenseurs, avec ses débouchés aux points de départ et d'arrivée, à l'exclusion de toutes les parties mécaniques; la Compagnie installera dans les ouvrages qui lui auront été livrés l'ascenseur et toutes ses dépendances mécaniques.

Les dépenses de premier établissement faites tant par la Ville que par la Compagnie, avec majoration de cinq pour cent pour frais généraux, seront totalisées, la moitié du total étant à la charge de la Ville et l'autre moitié à la charge de la Compagnie.

ART. 8. — Pour l'application de l'article 3 ci-dessus, la dépense annuelle d'exploitation est fixée à forfait à la somme de 21 000 francs, qui se partagera par moitié entre la Ville de Paris et la Compagnie.

La somme de 10 500 francs ainsi mise à la charge de la Ville sera due par elle à dater de l'ouverture au service public de chaque ascenseur.

Pour tout ascenseur établi à 40 places seulement, selon ce qui est réservé en l'article 6, l'annuité à la charge de la Ville de Paris sera diminuée de 500 francs et ramenée à 10 000 francs.

Les interruptions de service de plus de dix jours donneront lieu à une réduction proportionnelle de l'annuité versée par la Ville.

La Compagnie retiendra sur le montant de chacun des versements trimestriels effectués en vertu de l'article 19 de la Convention annexée à la loi du 30 mars 1898, la part de dépense retombant à la charge de la Ville de Paris en vertu du présent article.

ART. 9. — Sur la demande de l'une ou l'autre des parties contractantes, le forfait fixé comme il est dit en l'article 8 sera révisé à l'expiration de chaque période de cinq ans. En cas de désaccord sur le nouveau chiffre forfaitaire, celui-ci sera fixé par un expert désigné par M. le Président du Conseil de pré-

426 LE CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN MUNICIPAL DE PARIS

lecture de la Seine. Il ne pourra être inférieur à la dépense moyenne des cinq dernières années, ni supérieur de 10 p. 100 à cette dépense.

Fait double à Paris, le 24 octobre 1906.

LU ET APPROUVÉ :

Le Préfet de la Seine,

Signé : J. DE SELVES.

Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris :

LU ET APPROUVÉ :

L'Administrateur délégué,

Signé : A. BERTHELOT.

LU ET APPROUVÉ :

Le Directeur des Travaux,

Signé : H. GARRETA.

ANNEXE F

USINES PRODUCTRICES D'ÉLECTRICITÉ

CONVENTION

Entre les soussignés :

Justin-Germain-Casimir de Selves, Préfet de la Seine, grand-croix de la Légion d'honneur, officier de l'Instruction publique agissant au nom de la Ville de Paris en vertu d'une délibération du Conseil municipal de Paris en date du 24 juin 1907,

D'une part,

Et 1° La Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris, Société anonyme au capital de 75 millions de francs, ayant son siège à Paris, boulevard Haussmann, n° 75, ladite Société représentée par MM. André Berthelot, Administrateur délégué, et Garreta, Directeur des Travaux, agissant en vertu des pouvoirs qui leur ont été conférés par délibération du Conseil d'Administration en date du 28 juin 1907;

2° La Société d'Electricité de Paris, Société anonyme au capital de 25 millions de francs, ayant son siège à Paris, boulevard Malesherbes, n° 25, ladite Société représentée par MM. Della-Riccia, Administrateur délégué, et Daniel Berthelot, Administrateur, agissant en vertu des pouvoirs qui leur ont été conférés par délibérations du Conseil d'Administration en dates des 9 juillet et 24 septembre 1907,

D'autre part,

Il a été convenu ce qui suit :

En ce qui concerne les usines destinées à la production de l'énergie électrique pour l'exploitation du réseau métropolitain municipal de Paris, la Ville de Paris, d'une part, la Compagnie du Chemin de fer métropolitain, d'autre

part, ont apprécié de façon différente la nature et l'étendue des obligations imposées à la Compagnie par les conditions de la concession telles que ces conditions résultent du cahier des charges et de la convention annexée à la loi du 30 mars 1898. La Ville estime que le concessionnaire est tenu de construire à ses frais toutes les usines qui seront nécessaires pour la production d'une énergie électrique suffisant à l'exploitation du réseau au fur et à mesure de son exécution. La Compagnie soutient que l'article 17 du cahier des charges a en pour objet précis et unique de régler un point douteux de jurisprudence en assimilant les usines productrices d'électricité aux dépendances immobilières de la voie dans le cas où de telles usines seraient construites par la Compagnie, mais que ni cet article ni aucun autre n'ont imposé à la Compagnie l'obligation de créer ces usines, rien ne prouvant d'ailleurs que, dans trente-cinq années, ce sera par le moyen d'usines électriques spécialisées que l'on se procurera l'énergie électrique nécessaire pour la traction. Subsidiairement, la Compagnie soutient que, même si l'obligation d'édifier des usines pour la production de l'énergie électrique était imposée, elle ne saurait aller au delà de la puissance électrique nécessaire pour satisfaire au minimum de voyages et de composition de trains prévu par l'article 14, § 1^{er} du cahier des charges. Elle ajoute que c'est seulement en fin de concession qu'il y aura lieu d'examiner de quelles sommes, ou de quelles choses, ou de quelles prestations la Compagnie serait débitrice. Jusque-là, elle est protégée par le bénéfice du terme, qui rend toute demande irrecevable.

Après un nouvel examen des clauses du cahier des charges, les deux parties contractantes interprètent, d'un commun accord, ces clauses en ce sens que le concessionnaire exécutera suffisamment les obligations que le cahier des charges lui impose en ce qui concerne les usines productrices d'électricité :

D'une part, en produisant pendant toute la durée de la concession, dans une usine lui appartenant en toute propriété, une puissance électrique de quatorze mille quatre cents (14 400) kilowatts installés ;

D'autre part, en assurant gratuitement à la Ville de Paris, à la date normale d'expiration de la concession du troisième réseau, soit la pleine propriété d'une autre usine d'une puissance suffisante pour produire le complément de l'énergie électrique nécessaire à l'exploitation des trois réseaux concédés, soit toute autre prestation jugée préférable par la Ville de Paris pour le service du Métropolitain.

A cet effet, sont arrêtées les dispositions ci-après :

ARTICLE PREMIER. — La Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris garantit que la puissance électrique de l'usine de Bercy ne sera en aucun cas inférieure aux quatorze mille quatre cents (14 400) kilowatts installés.

ART. 2. — En outre de cette usine, la Compagnie s'engage à assurer à la Ville la pleine propriété et la possession, à la date normale d'expiration de la concession du troisième réseau, d'une puissance électrique de vingt mille (20 000) kilowatts installés, susceptibles d'augmentation dans les termes de l'article 5, se rapportant à l'ensemble des lignes métropolitaines actuellement concédées à titre définitif. Cette puissance électrique pourra, si la Ville l'exige en fin de concession, être prise dans l'usine établie par la Société d'Electricité de Paris à Saint-Denis. A cet effet la Compagnie du Chemin de fer métropolitain a assuré à la Ville de Paris une faculté d'option.

La Société d'Électricité de Paris, intervenant au contrat, déclare assurer à la Ville de Paris la faculté d'option dont s'agit dans les termes ci-après définis, ainsi que l'obligation de fournir stipulée à l'article 3/1°.

Ladite option s'applique au sol et à quatre groupes électriques d'une puissance de cinq mille (5 000) kilowatts chacun, susceptibles de constituer une usine pourvue de tous ses organes et devant être livrée à la Ville en parfait état d'entretien et de fonctionnement. Elle comprend, en conséquence, les unités indépendantes des machines, générateurs et magasins à charbon, avec tout le matériel qui s'y rattache, les parties correspondantes de terrains et de bâtiments, enfin un droit proportionnel dans la propriété des organes communs de l'usine actuelle, tels que tableau, conduites de distribution d'énergie, machines affectées au service général, alimentation en eau, approvisionnement en combustible. Il est spécifié que les quatre groupes électriques visés dans la désignation qui précède sont ceux qui, dans l'usine actuellement construite, occupent l'extrémité la plus rapprochée de la Seine, tels au surplus qu'il résulte du plan annexé à la convention, dans lequel la partie réservée à l'option de la Ville est teinte en rose ¹, indépendamment du droit proportionnel sur les organes communs.

Copie de la promesse de vente ci-dessus énoncée demeure annexée à la présente convention.

Pour donner à la Ville de Paris la garantie que cette promesse de vente sera réalisée au profit de ladite Ville à l'expiration de la concession si la Ville opte pour cette solution, les mesures suivantes seront adoptées d'un commun accord :

a) La Compagnie du Chemin de fer métropolitain constituera un fonds de capitalisation au moyen d'annuités calculées de telle sorte que l'accumulation de ces annuités et de leurs intérêts capitalisés produise à l'expiration de la concession une somme de dix millions de francs (10 000 000 francs), suffisante pour réaliser, le cas échéant, la promesse de vente :

b) Ces annuités seront fournies en valeurs de premier ordre, soit figurant sur la liste de celles agréées par la Banque de France pour ses avances, soit garanties par l'État français, le Département de la Seine ou la Ville de Paris :

c) Ces valeurs seront nominatives. Elles porteront mention de leur inaliénabilité jusqu'à la date normale d'expiration de la concession du 3° réseau :

d) Lesdites valeurs ainsi immatriculées seront déposées, avant le 31 décembre de chaque année, à la Caisse municipale, où elles resteront jusqu'à l'époque de leur réalisation. Les récépissés délivrés annuellement par ladite Caisse seront remis à la Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris ;

e) Les coupons seront détachés et encaissés par les soins du Receveur municipal de la Ville de Paris, qui en emploiera le montant, de même que celui des titres amortis ou remboursés, en valeurs choisies par la Compagnie du Chemin de fer métropolitain parmi celles spécifiées au paragraphe b et qui seront immatriculées et conservées comme il est dit ci-dessus :

f) A l'époque de la réalisation des valeurs, le Receveur municipal de la Ville de Paris opérera la vente et veillera au emploi des fonds, c'est à-dire à la

Sur le plan ci-joint, cette teinte rose est remplacée par des hachures noires.

réalisation de la promesse de vente au profit de la Ville à titre de dépendance de la voie ferrée, si c'est cette solution que la Ville adopte.

A l'expiration de la concession, la Ville sera libre, pour un motif quelconque, de ne pas user de la présente option et de demander que tout ou partie du fonds de capitalisation soit employé à de nouvelles usines, à de nouvelles prestations, ou d'adopter telles combinaisons qui lui paraîtront plus avantageuses.

Si d'ailleurs le fonds de capitalisation constitué ainsi qu'il a été exposé ci-dessus excède la somme de dix millions de francs (10 000 000 francs), le surplus du capital sera remis à la Compagnie du Chemin de fer métropolitain.

ART. 3. — Dans le cas où la concession prendrait fin avant sa date normale d'expiration, à laquelle se réfère l'article 2 ci-dessus, la Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris s'oblige, pour tout le temps restant à courir jusqu'à la date précitée :

1° A mettre la Ville de Paris en droit d'obtenir de la Société d'Électricité de Paris la fourniture d'énergie électrique, dans la même limite de puissance, aux conditions qu'elle-même aura stipulées à son profit ;

2° A continuer le paiement des annuités nécessaires pour que la Ville soit en mesure de se procurer, dans les conditions énoncées à l'article 2 ci-dessus, la puissance électrique stipulée de vingt mille (20 000) kilowatts.

S'il y a eu rachat dans les conditions déterminées par l'article 19 du cahier des charges, justification du paiement prévu au paragraphe ci-dessus devra être fournie chaque année à la Ville de Paris avant que celle-ci soit tenue d'effectuer celui de l'annuité fixée conformément audit article 19 ; la Ville aura le droit de retenir d'office sur le montant de l'annuité une somme égale au paiement dont il n'aurait pas été justifié.

ART. 4. — Les articles 9 et 10 de la convention annexée à la loi du 30 mars 1898 seront applicables de plein droit aux installations électriques qui font l'objet de la présente convention.

ART. 5. — Pour toute nouvelle ligne qui pourrait lui être concédée par la Ville de Paris, la Compagnie s'engage à augmenter de quatre cents (400) kilowatts par kilomètre la puissance électrique à assurer par elle à la Ville, dans les mêmes conditions de propriété, possession et usage que celles énoncées aux articles 2, 3 et 4.

La puissance électrique des machines sera calculée selon les usages industriels et par comparaison avec celle de l'usine de Bercy, évaluée actuellement à quatorze mille quatre cents (14 400) kilowatts.

ART. 6. — Moyennant l'accomplissement des obligations ci-dessus par la Compagnie du Métropolitain, la Ville de Paris s'abstiendra d'exiger, pour l'ensemble de toutes les lignes métropolitaines actuellement concédées, la construction d'usines productrices d'énergie électrique autres que celle dite usine de Bercy, que la Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris a construite rue de Bercy n° 177.

Fait triple à Paris, le 29 octobre 1907.

VU ET APPROUVÉ :

Le Préfet de la Seine,

Signé : J. DE SELVES.

Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris.

LU ET APPROUVÉ :
L'Administrateur délégué,
Signé : A. BERTHELOT.

LU ET APPROUVÉ :
Le Directeur des Travaux,
Signé : H. GARRETA.

Société d'Electricité de Paris.

LU ET APPROUVÉ :
L'Administrateur délégué,
Signé : DELLA RICCIA.

LU ET APPROUVÉ :
Un Administrateur,
Signé : D. BERTHELOT.

ANNEXE

Entre les soussignés :

1^o Société d'Electricité de Paris, Société anonyme ayant son siège social à Paris, 31, avenue de l'Opéra, ladite Société représentée par MM. Genis, Président du Conseil d'Administration, et Della Riccia, Administrateur délégué, agissant en vertu des pouvoirs qui leur ont été conférés par délibération du Conseil d'Administration du 9 juillet 1907,

D'une part,

2^o Et la Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris, Société anonyme ayant son siège social à Paris, 31, avenue de l'Opéra, ladite Société représentée par MM. Berthelot, Administrateur délégué, et Garreta, Directeur des Travaux, agissant en vertu des pouvoirs qui leur ont été conférés par délibération du Conseil d'Administration du 28 juin 1907,

D'autre part,

Il a été convenu et arrêté ce qui suit :

La Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris devant envisager la remise à la Ville de Paris, à l'expiration de sa concession, des usines de production d'énergie qui alimentent le Chemin de fer métropolitain, la Société d'Electricité de Paris prend l'engagement de livrer à la Ville de Paris à cette date, c'est-à-dire trente cinq ans après la mise en exploitation du troisième réseau défini à l'article 16 du cahier des charges annexé à la loi du 30 mars 1898, la pleine propriété et la possession d'une puissance électrique de 20 000 kilowatts installés, se rapportant à l'ensemble des lignes métropolitaines actuellement concédées à titre définitif ou éventuel, moyennant le prix de cinq cents (500) francs par kilowatt installé, soit dix millions (10 000 000) de francs pour les susdits vingt mille kilowatts, prix payable lors de la prise de possession, c'est-à-dire à l'expiration de la concession du Chemin de fer métropolitain.

Ledit engagement s'applique au sol et à quatre groupes électriques d'une puissance de 5 000 kilowatts chacun, susceptibles de constituer une usine

pourvue de tous ses organes et devant être livrée à la Ville en parfait état d'entretien et de fonctionnement.

Elle comprend en conséquence : les unités indépendantes des machines, générateurs et magasins à charbon, avec tout le matériel qui s'y rattache, les parties correspondantes de terrains et de bâtiments, enfin un droit proportionnel dans la propriété des organes communs de l'usine actuelle, tels que tableau, conduites de distribution d'énergie, machines affectées au service général, alimentation en eau, approvisionnement en combustible. Il est spécifié que les quatre groupes électriques visés dans la désignation qui précède sont ceux qui, dans l'usine actuellement construite, occupent l'extrémité la plus rapprochée de la Seine, tels au surplus qu'il résulte du plan ci-annexé dans lequel la partie réservée à l'option de la Ville est teintée en rose, indépendamment du droit proportionnel sur les organes communs.

Cet engagement ne sera obligatoire et la promesse de vente ne deviendra définitive que si, à la date de l'expiration de la concession du Chemin de fer métropolitain, la Ville de Paris notifie sa décision d'en demander l'exécution à son profit.

Pour toute ligne nouvelle qui pourrait être concédée par la Ville de Paris à la Compagnie du Chemin de fer métropolitain, la Société d'Électricité de Paris s'engage à augmenter de quatre cents (400) kilowatts par kilomètre la puissance électrique à assurer éventuellement par elle à la Ville de Paris dans les mêmes conditions, c'est-à-dire moyennant le paiement, à la Société d'Électricité de Paris, du prix précité de cinq cents (500) francs par kilowatt, payable à l'expiration de la concession du Chemin de fer métropolitain, et ce à la volonté de la Ville de Paris, si celle-ci a déclaré demander l'exécution de la promesse de vente.

Il est, d'autre part, stipulé qu'au cas où la concession du Chemin de fer métropolitain prendrait fin avant sa date normale d'expiration, la Société d'Électricité de Paris s'oblige à continuer à la Ville de Paris la fourniture d'énergie électrique dans la même limite de puissance aux conditions que la Compagnie du Chemin de fer métropolitain a stipulées à son profit.

Fait double à Paris, le 10 juillet 1907.

Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris,

LU ET APPROUVÉ :

L'Administrateur délégué,

Signé : A. BERTHELOT.

LU ET APPROUVÉ :

Le Directeur des Travaux,

Signé : H. GARRETA.

Société d'Électricité de Paris,

LU ET APPROUVÉ :

Le Président du Conseil d'Administration,

Signé : GENIS.

LU ET APPROUVÉ :

L'Administrateur délégué,

Signé : DELLA RICCIA.

ANNEXE G

CONSEIL MUNICIPAL DE PARIS

Délibération des 23 et 27 décembre 1907.

Concession de lignes nouvelles à la Compagnie du Chemin de fer métropolitain et émission d'un emprunt de 170 millions (M. Félix Roussel, rapporteur).

Le Conseil,

Vu le mémoire, en date du 28 octobre 1907, par lequel M. le Préfet de la Seine :

Premièrement. — Lui soumet le projet de la convention à passer avec la Compagnie du Chemin de fer métropolitain pour la concession, à ladite Compagnie, des nouvelles lignes suivantes :

1° Prolongement de la ligne n° 7, par les quais, jusqu'à l'Hôtel de Ville :

2° Prolongement de la ligne n° 3 sur la porte des Lilas (ces deux prolongements compris dans le projet d'emprunt de 45 000 000 de francs) ;

3° Prolongement, du Trocadéro jusqu'à l'Opéra, de la ligne de la porte de Saint-Cloud au Trocadéro ;

4° Embranchement de Saint-Augustin à la Porte des Ternes, avec prolongement éventuel à la Porte Maillot ;

5° Embranchement de la Bastille à la Porte de Picpus ;

6° Embranchement de la ligne n° 8 sur la porte de Sèvres ;

7° Ceinture intérieure des Invalides aux Invalides (se confondant avec la ligne n° 8 entre les Invalides de l'Opéra) ;

Ledit projet de convention réglant, en outre, la question de l'échange gratuit des voyageurs entre le Chemin de fer métropolitain et le Chemin de fer Nord-Sud ;

Deuxièmement. — Lui propose d'approuver ledit projet de convention et d'autoriser l'émission d'un emprunt de 110 000 000 de francs pour l'exécution des lignes comprises dans la nouvelle concession et non encore dotées ;

Vu les modifications proposées par la Commission en ce qui concerne l'adjonction de nouvelles lignes complémentaires :

Vu le projet de convention accepté par la Compagnie du Chemin de fer métropolitain ;

Vu les rapports de la Commission spéciale relatifs à l'échange gratuit des voyageurs ;

Vu les documents justificatifs de l'emprunt de 110 000 000 de francs ;

Vu le rapport (Imp. n° 96 de 1907) présenté par M. Félix Roussel, au nom de la Commission du Métropolitain ;

Vu l'amendement de M. Henri Galli tendant à prolonger la ligne n° 7 jusqu'au boulevard Morland ;

Vu l'amendement de M. Ernest Caron relatif à l'acceptation par les pouvoirs publics du terminus de la ligne n° 7 au Carrousel ou aux Tuileries ;

Vu l'amendement de M. Quentin-Bauchart tendant à adopter, pour le pro-

longement du Trocadéro jusqu'à l'Opéra de la ligne de la porte de Saint-Cloud au Trocadéro, l'itinéraire par la place de l'Alma, l'avenue Montaigne, le rond-point des Champs-Élysées et l'avenue d'Antin ;

Vu l'amendement de M. Adrien Mithouard tendant à adopter pour la Ceinture intérieure des Invalides aux Invalides le passage par la rue du Four, la rue de Sèvres, le boulevard des Invalides ;

Vu l'amendement de M. Navarre tendant à l'établissement :

1° D'une ligne allant de la porte de Choisy et de la porte d'Italie au boulevard Saint-Germain avec raccordement à la ligne n° 4 au carrefour de l'Odéon ;

2° D'une ligne allant de la porte de Montreuil à la place de la République ;

Vu l'amendement de M. Fribourg tendant à comprendre dans la concession éventuelle :

1° L'embranchement de Saint-Augustin à la porte des Ternes, avec prolongement éventuel à la porte Maillot ;

2° L'embranchement de la ligne n° 8 sur la porte de Sèvres ;

3° La partie centrale de la ligne de la porte de Choisy et de la porte d'Italie à la place de la République ;

Ensemble les observations portées au compte rendu.

Délibère :

ARTICLE PREMIER. — M. le Préfet de la Seine est autorisé à passer avec la Compagnie du Chemin de fer métropolitain une convention conforme au projet susvisé, annexé à la présente délibération, lequel est approuvé avec les modifications apportées par la Commission et les amendements de MM. Henri Galli, Ernest Caron, Quentin-Bauchard, Adrien Mithouard, Navarre et Fribourg.

ART. 2. — M. le Préfet de la Seine est invité à solliciter des pouvoirs publics l'autorisation pour la Ville de Paris d'emprunter à un taux n'excédant pas 3,80 p. 100, intérêts, primes de remboursement et lots compris, une somme de 170 000 000 de francs, remboursable en soixante-onze ans à partir de 1908, et applicable à l'exécution des lignes comprises dans la nouvelle concession et non encore dotées.

Le montant des lots ne pourra pas dépasser annuellement la somme de 680 000 francs.

Le service de l'emprunt sera assuré au moyen de prélèvements sur la recette brute du Chemin de fer métropolitain et, en cas d'insuffisance, sur les ressources générales du budget municipal. La totalité des prélèvements opérés sur la recette brute sera affectée à l'amortissement de l'emprunt, même par anticipation si les circonstances le permettent.

ART. 3. — Cet emprunt pourra être réalisé soit avec publicité et concurrence, ou de gré à gré, soit par voie de souscription publique, avec faculté d'émettre des obligations au porteur, avec ou sans lots, ou transmissibles par endossement, soit auprès de la Caisse des dépôts et consignations, soit auprès de la Caisse nationale des retraites pour la vieillesse ou de la Société du Crédit foncier de France.

ART. 4. — M. le Préfet de la Seine est invité à solliciter l'enregistrement, au droit fixe de 1 franc, des actes auxquels ledit emprunt donnera lieu.

PROJET DE CONVENTION

ARTICLE PREMIER. — La Ville de Paris concède à la Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris, sous réserve de la déclaration d'utilité publique, les lignes désignées ci-après :

Prolongement de la ligne n° 7 par les quais, du Palais-Royal à la place de l'Hôtel-de-Ville et au boulevard Morland, où elle se reliera avec la ligne conduisant à la Bastille par le boulevard Henri IV, sous réserve de l'acceptation par les Pouvoirs publics du terminus au Carrousel ou aux Tuileries.

Prolongement de la ligne n° 3 jusqu'à la porte des Lilas, avec raccordement sur la ligne n° 7 près de la porte du Pré-Saint-Gervais.

Voie ferrée de la porte d'Orléans à la porte de Gentilly.

Prolongement, du Trocadéro jusqu'à l'Opéra, et éventuellement jusqu'au carrefour Drouot, de la ligne de la porte de Saint-Cloud au Trocadéro par la place de l'Alma et le rond-point des Champs-Élysées.

Embranchement de la Bastille à la porte de Picpus.

Ceinture intérieure des Invalides aux Invalides avec passage par la rue de Sèvres (se confondant avec la ligne n° 8 entre les Invalides et l'Opéra).

Ligne de la porte de Choisy et de la porte d'Italie au Boulevard Saint-Germain, avec raccordement sur la ligne n° 4 au carrefour de l'Odéon.

Ligne de la porte de Montreuil à la place de la République.

Ligne de la place de la République à la porte des Lilas.

Et éventuellement :

Embranchement de la ligne n° 8 sur la porte de Sèvres ;

Embranchement de Saint-Augustin à la porte des Ternes, avec prolongement éventuel à la porte Maillot ;

Partie centrale de la ligne de la porte de Choisy et de la porte d'Italie à la place de la République ;

Embranchement du boulevard de la Villette à la porte de Pantin par les rues Armand Carrel, Meynadier, de Crimée, d'Allemagne ;

Raccordement entre les lignes n° 8 et n° 4, du pont Mirabeau à l'église de Montrouge.

ART. 2. — Cette concession est faite aux conditions des convention et cahier des charges annexés à la loi du 30 mars 1898 et soumise aux dispositions de ladite loi, sous réserve des stipulations spéciales résultant des articles subséquents.

Toutefois, par dérogation à l'article 5 de la convention, la Ville de Paris demeurera entièrement maîtresse de l'ordre ou de la simultanéité d'exécution des lignes concédées. Les obligations de délai résultant, pour le concessionnaire, de l'article 3 du cahier des charges seront applicables séparément à chacune d'elles, considérée comme formant une fraction.

Pour l'application de l'article 16 du cahier des charges, ces diverses lignes sont rangées dans le troisième réseau.

ART. 3. — Sont, en outre, applicables aux lignes énumérées en l'article 1^{er} les conventions spéciales intervenues entre la Ville de Paris et la Compagnie du Chemin de fer métropolitain et concernant : les usines productrices d'électri-

cité, les ascenseurs, les communications de quai à quai aux stations d'échange.

Toutefois, sur ces mêmes lignes, l'obligation d'établir l'ascenseur existera pour toute station où la distance verticale entre le sol au débouché de l'accès et le quai dépassera 9 mètres, l'ascenseur devant arriver au niveau de la voie publique, sauf impossibilité reconnue. Dans ce cas d'impossibilité l'établissement de l'ascenseur ne sera obligatoire que si la distance verticale entre le plancher de la salle de recettes et le quai est supérieur à 6 mètres.

ART. 4. — La Compagnie du Chemin de fer métropolitain s'oblige à transporter gratuitement les voyageurs en provenance du Chemin de fer d'intérêt local de Montmartre à Montparnasse et prolongements, lorsque les communications souterraines auront été établies entre les stations par la Compagnie du Chemin de fer électrique souterrain Nord-Sud de Paris, sous réserve que cette dernière Compagnie remplira les obligations auxquelles elle est tenue en vertu de l'article 41, § 4, du cahier des charges annexé à la loi du 3 avril 1903.

La désignation ci-dessus comprend non-seulement les lignes déclarées d'utilité publique par les lois des 3 avril et 19 juillet 1903, mais aussi certains prolongements ou embranchements du même Chemin de fer d'intérêt local qui pourraient être ultérieurement déclarés d'utilité publique, savoir : embranchement vers la porte de Clichy, avec prolongement éventuel par le boulevard Bessières jusqu'à la porte Saint-Ouen ; prolongement de la place des Abbesses vers la porte de la Chapelle ; embranchement vers la porte de Vanves, avec prolongement éventuel par le boulevard Lefebvre jusqu'à la porte de Versailles.

L'obligation de transport gratuit, stipulé au § 1^{er} du présent article, est consentie pour les voyageurs munis de billets d'aller et retour aussi bien que pour les voyageurs munis de billets simples. En ce qui concerne les billets d'aller et retour une convention spéciale réglera, entre la Ville et les deux Compagnies, l'application de cette correspondance, de telle sorte qu'un voyageur, muni d'un billet d'aller et retour, entrant par un réseau et sortant, puis revenant par l'autre, n'ait à payer pour ce double voyage, qu'un prix global unique de 0,20 fr. sur lequel 0,03 fr. seront attribués à la Ville de Paris, 0,075 à la Compagnie du Chemin de fer métropolitain, 0,095 à la Compagnie du Chemin de fer électrique souterrain Nord-Sud. Cette convention pourra être révisée tous les cinq ans à la demande de l'une des parties.

ART. 5. — De stipulation expresse, les §§ 2, 3 et 4 de l'article 19 de la convention annexée à la loi du 30 mars 1898 sont modifiés ainsi qu'il suit :

« Toutefois, lorsque le nombre des voyageurs transportés par an, en toutes classes, dépassera 200 millions, le prélèvement en faveur de la Ville de Paris sera augmenté par voyageur donnant droit à prélèvement :

« De 0,001 fr. pour les premiers 10 millions de voyageurs au delà de 200 millions ;

« De 0,002 fr. pour la seconde fraction de 10 millions de voyageurs ;

« De 0,003 fr. pour la troisième fraction de 10 millions de voyageurs ;

« De 0,004 fr. pour la quatrième fraction de 10 millions de voyageurs ;

« De 0,005 fr. pour la cinquième fraction de 10 millions de voyageurs ;

« A partir de 250 millions de voyageurs, les prélèvements supplémentaires cesseront de croître et seront, pour tous les voyageurs excédant ce total de 250 millions, de 0,005 fr.

« En conséquence, à partir de 250 millions de voyageurs, les prélèvements de la Ville de Paris pour l'excédent seront respectivement :

« De 0,055 fr. en 2^e classe (billet simple) ;

« De 0,055 fr. en 2^e classe (aller et retour) ;

« De 0,105 fr. en 1^{re} classe ».

Le texte ainsi modifié entrera en vigueur à partir du 1^{er} janvier 1912 ; jusque-là, les dispositions actuelles continueront d'être appliquées.

ART. 6. — Si, pour une ou plusieurs des lignes désignées en l'article 1^{er}, la déclaration d'utilité publique intervenait postérieurement à la remise par la Ville de Paris de la dernière fraction du deuxième réseau, le délai de cinq années stipulé au § 3 de l'article 6 de la convention annexée à la loi du 30 mars 1898 ne courrait qu'à partir de la promulgation de la dernière loi déclarative d'utilité publique.

ART. 7. — Dans le cas où, par application de l'article 6, le point de départ de la concession du troisième réseau se trouverait reporté de plus de cinq ans et dix mois après celui du deuxième réseau, il serait fait état, avant la fin de la concession et pour la participation aux bénéfices dont il va être parlé, d'un laps de temps égal à celui ainsi écoulé au delà de cette période de cinq ans et dix mois.

Au prorata de ce laps de temps, et après déduction de toutes les charges de l'exploitation, y compris le paiement de la redevance kilométrique annuelle stipulée à l'article 16 du cahier des charges, la Ville de Paris recevra 50 p. 100 du produit net afférent à la longueur de toutes les lignes antérieurement concédées, qui ont été déclarées d'utilité publique par les lois des 30 mars 1898, 22 avril 1902, 6 avril 1903, 26 février 1907 ; ce produit sera obtenu par l'application à l'ensemble desdites lignes du produit net kilométrique moyen pour tout le réseau.

ART. 8. — Sur les lignes énumérées en l'article premier, la Ville de Paris réservera des baies d'aération, autant que possible à raison d'une par kilomètre, et de préférence au plafond des stations ; les ouvrages apparents sur la voie, publique reconnus nécessaires par l'Administration tels que grilles, édicules etc... resteront à la charge de la Compagnie.

ART. 9. — Par dérogation à l'article 37 du cahier des charges, la quotité des frais de contrôle est fixée à 550 francs par kilomètre pour les lignes énumérées en l'article 1^{er}, exception faite des deux premiers prolongements.

En outre, la Compagnie du Chemin de fer métropolitain s'engage à verser à la Ville de Paris, à la date du 1^{er} janvier de chaque année, une somme de 40 000 francs, pour faire face aux frais du contrôle financier institué en vertu de l'article 19 de la convention annexée à la loi du 30 mars 1898 ; l'effet de cet engagement courra du 1^{er} janvier 1912.

ANNEXE II

Loi du 10 avril 1908 autorisant la Ville de Paris à contracter un emprunt de 45.000.000 francs.

Le Sénat et la Chambre des députés ont adopté.

Le Président de la République promulgue la loi dont la teneur suit :

ARTICLE PREMIER. — La Ville de Paris est autorisée à emprunter à un taux n'excédant pas trois francs soixante-quinze centimes pour cent (3,75 fr. p. 100) (intérêts, lots et primes de remboursement compris) une somme de quarante-cinq millions de francs (45 millions) remboursable, au plus tard, en soixante et onze ans, à partir de 1908, et applicable aux dépenses relatives à l'achèvement du premier réseau de Chemin de fer métropolitain.

Le service de l'emprunt en capital, intérêts, lots et primes sera affectué au moyen de prélèvements à opérer sur la recette brute du Chemin de fer métropolitain et au besoin sur les ressources générales du budget municipal. La totalité des prélèvements opérés sur la recette brute sera affectée à l'amortissement de l'emprunt, même par anticipation, si les circonstances le permettent.

ART. 2. — Cet emprunt pourra être réalisé, soit avec publicité et concurrence, ou de gré à gré, soit par voie de souscription publique avec faculté d'émettre des obligations au porteur avec ou sans lots, ou transmissibles par endossement, soit auprès de la caisse des dépôts et consignations, de la caisse nationale des retraites pour la vieillesse ou de la société du Crédit foncier de France.

Au cas où l'emprunt serait réalisé par souscription publique et avec émission d'obligations à lots, le montant de ces lots ne pourra dépasser annuellement la somme de 180 000 francs.

ART. 3. — Les conditions des souscriptions à ouvrir ou des traités à passer de gré à gré seront fixées par décret du Président de la République, après délibération du Conseil municipal.

ART. 4. — Les actes susceptibles d'enregistrement auxquels le présent emprunt donnera lieu seront passibles d'un droit fixe d'un franc (1 fr.)

La présente loi, délibérée et adoptée par le Sénat et par la Chambre des députés, sera exécutée comme loi de l'Etat.

Fait à Paris le 10 avril 1908.

Signé : A. FALLIÈRES.

Par le Président de la République :

Le Président du Conseil, Ministre de l'Intérieur,

Signé : G. CLEMENCEAU.

TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE	I
AVERTISSEMENT	V

CHAPITRE IV

LA LIGNE CIRCULAIRE N° 2 SUD (RIVE GAUCHE)

I. Données générales	1
<i>Exposé</i>	1
II. Consistance de la ligne	3
1° Tracé en plan	3
2° Profil en long	7
3° Nombre, emplacements et distances des stations	9
4° Types des ouvrages	11
5° Adjudication des travaux. Division en lots d'entreprise	14
6° Montant des dépenses prévues	15
a. Travaux du chemin de fer	15
b. Travaux préliminaires	16
c. Dépense totale	17
III. Travaux préliminaires	17
1° Consolidations d'anciennes carrières	18
a. Constitution du sous-sol du bassin de Paris	18
b. Modes d'exploitation des carrières. Fontis	19
c. Consolidations de la ligne n° 2 Sud	23
d. Adjudication des travaux. Dépenses	35
2° Déviations d'égouts et de conduites d'eau	39
IV. Distribution électrique	44
a. Puissance à prévoir	44
b. Distribution en courant triphasé	46
c. Distribution en courant continu pour la traction	46
d. Distribution en courant continu pour l'éclairage	48
e. Sous-stations électriques	49
1° Sous-station Denfert-Rochereau	50
2° Sous-station La Motte-Picquet	53
V. Eclairage	55
VI. Signaux de sécurité	58
VII. Téléphone et avertisseurs d'alarme	64

VIII. Voies	63
<i>a.</i> Voie de roulement	65
<i>b.</i> Rail prise de courant	66
IX. Ouvrages d'aération	68
X. Evacuation des eaux	69
XI. Accès aux stations	71
<i>a.</i> Stations en viaduc	71
<i>b.</i> Stations souterraines	73
1° Dispositions générales	73
2° Stations d'échange. — Station « Boulevard Raspail »	76
— Station « Place Denfert-Rochereau »	77
— Station « Place d'Italie »	78
<i>c.</i> Stations à fleur de sol	81
1° Station « Place Saint-Jacques »	81
2° Station « Rue Corvisart »	81
<i>d.</i> Station « Quai de Passy »	82
<i>e.</i> Station « Gare d'Orléans »	82
<i>f.</i> Emplacement des accès	83
<i>g.</i> Edicules et entourages	84
XII. Toitures des stations aériennes	85
XIII. Ateliers dits « d'Italie »	87
XIV. Ouvrages spéciaux	88
<i>a.</i> Station « Quai de Passy »	88
<i>b.</i> Viaduc de Passy	93
<i>c.</i> Travée du quai de Grenelle	117
<i>d.</i> Ouvrage de passage du boulevard Pasteur	118
<i>e.</i> Passage sous le chemin de fer de l'Ouest	120
<i>f.</i> Raccordement de service avec la ligne n° 4	121
<i>g.</i> Garage Edgar-Quinet	122
<i>h.</i> Station d'échange « Boulevard Raspail »	123
<i>i.</i> Passage sous la ligne de Paris à Sceaux	124
<i>j.</i> Station « Place Saint-Jacques »	124
<i>k.</i> Ouvrage de passage du boulevard Saint-Jacques	125
<i>l.</i> Passerelle du boulevard Saint-Jacques	125
<i>m.</i> Ouvrage de passage du boulevard Auguste Blanqui	128
<i>n.</i> Station « Rue Corvisart »	129
<i>o.</i> Passerelle du boulevard Auguste Blanqui	129
<i>p.</i> Boucle de la place d'Italie	131
<i>q.</i> Ouvrage de passage du boulevard de l'Hôpital	137
<i>r.</i> Traversée du chemin de fer d'Orléans (gare d'Austerlitz)	139
<i>s.</i> Viaduc d'Austerlitz	143
<i>t.</i> Travées hélicoïdales	158
<i>u.</i> Ouvrage de passage de la place Mazas	169
XV. Exécution des travaux	169
XVI. Mise en exploitation	223

CHAPITRE V

LA LIGNE N° 3 DU BOULEVARD DE COURCELLES A MÉNILMONTANT

<i>Exposé</i>	227
I. Infrastructure	227
1° Tracé en plan	227
2° Profil en long	232

3° Types courants des ouvrages	234
4° Stations	234
<i>a.</i> Stations voûtées	236
<i>b.</i> Stations à plancher métallique sous chaussée	236
II. Distribution électrique	240
<i>a.</i> Sous-stations électriques « Barbès », « Père-Lachaise » et « Opéra »	240
<i>b.</i> Puissance à prévoir	248
<i>c.</i> Distribution en courant triphasé	249
<i>d.</i> — continu pour la traction	249
<i>e.</i> — continu pour l'éclairage	251
III. Eclairage normal et de secours	254
<i>a.</i> Eclairage normal	254
<i>b.</i> Eclairage de secours	256
<i>c.</i> Signaux de sécurité	257
<i>d.</i> Téléphone	259
<i>e.</i> Avertisseurs d'alarme	260
<i>f.</i> Postes d'incendie	263
IV. Voies	264
<i>a.</i> Rails	264
1° Voie de roulement	264
2° Rails prise de courant	264
<i>b.</i> Traverses et longrines	265
<i>c.</i> Ballastage	266
V. Matériel roulant	266
VI. Accès aux stations	304
<i>a.</i> Dispositions générales	304
<i>b.</i> Dispositions spéciales	307
Station « Gare Saint-Lazare »	307
— « Opéra »	308
— « Boulevard de Sébastopol-Rue Réaumur »	309
— « Place de la République »	313
— « Père-Lachaise »	313
<i>c.</i> Sorties supplémentaires	314
<i>d.</i> Emplacements des accès. — Entourages	321
VII. Evacuation des eaux	325
<i>a.</i> Puisards	325
<i>b.</i> Aménagement du radier	330
<i>c.</i> Terminus et boucle « Gambetta »	332
VIII. Ouvrage d'aération	333
IX. Ateliers de Saint-Fargeau	334
X. Ouvrages spéciaux	340
<i>a.</i> Boucle du parc Monceau	340
<i>b.</i> Ouvrage spécial dit « de Villiers »	343
<i>c.</i> Passage sur le collecteur de Clichy	346
<i>d.</i> Ouvrage spécial de la place de l'Opéra	348
<i>e.</i> Passage sous la ligne n° 4	352
<i>f.</i> Garage des Arts-et-Métiers	353
<i>g.</i> Passage sous le canal Saint-Martin	354
<i>h.</i> Raccordement de service entre les lignes n° 2 Nord et n° 3	358
<i>i.</i> Passage sur le chemin de fer de Ceinture	359
<i>j.</i> Terminus de Ménilmontant	360
1° Ouvrages d'épanouissement	360
2° Stations « Place Gambetta »	361
3° Fosses de visite	363

XI. Exécution des travaux.	363
a. Travaux préliminaires	363
1° Modifications et déviations d'égouts.	363
2° — — de conduites d'eau.	370
b. Travaux du chemin de fer	371
c. Coût de la ligne.	376
d. Procédés d'exécution	377
e. Délais d'exécution	405
f. Mise en exploitation.	106

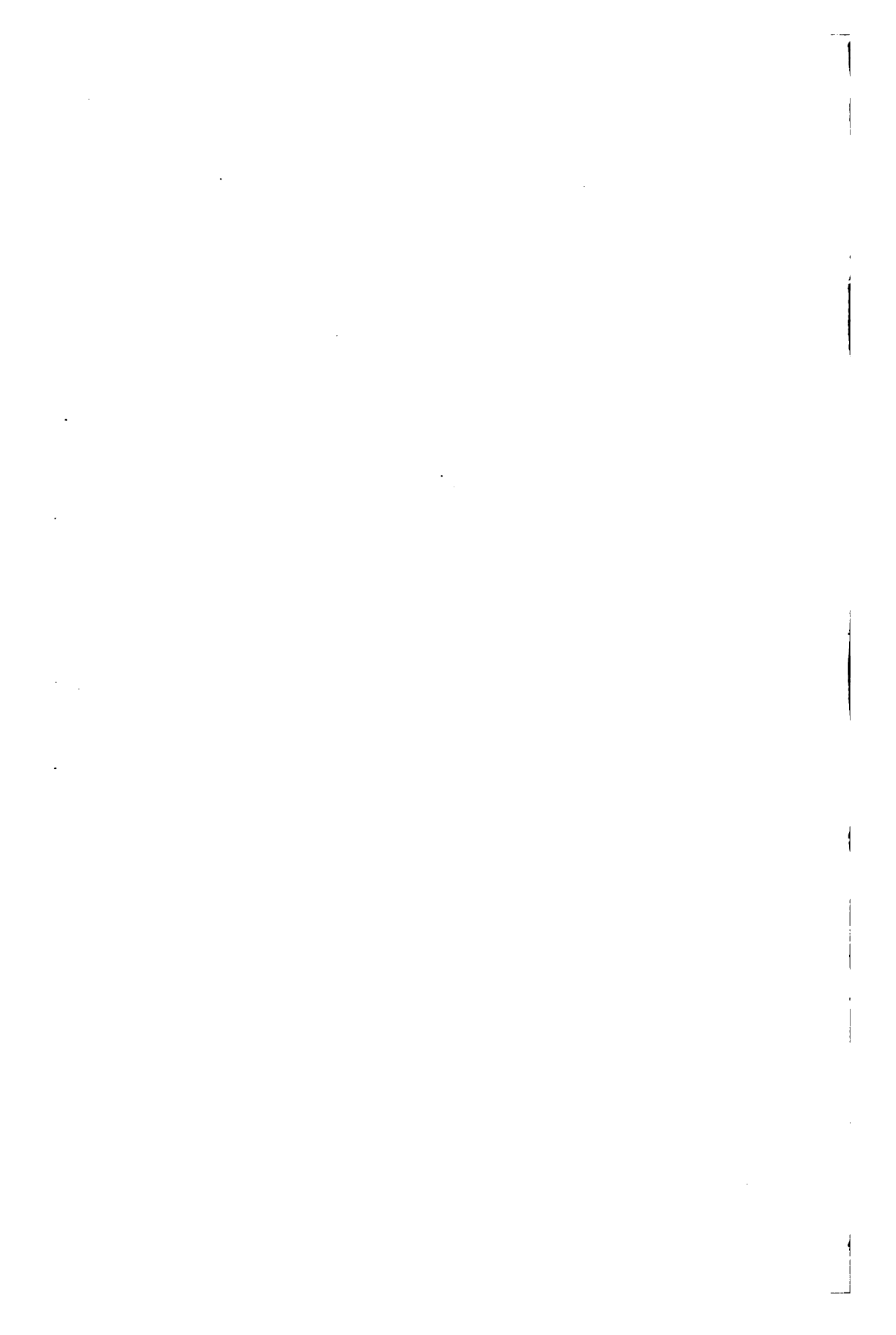
APPENDICE

Résultats de l'exploitation des lignes en service au 31 décembre 1907	407
---	-----

ANNEXES

<i>Annexe A.</i> Loi du 26 juin 1903.	419
— <i>B.</i> Loi du 26 février 1907 (Déclarative d'utilité publique du prolongement de la ligne n° 3 sur la porte de Champerret) et convention y annexée	420
— <i>C.</i> Loi du 26 février 1907 (Déclarative d'utilité publique d'un embranchement de la ligne n° 7 sur la porte de la Villette) et convention y annexée	421
— <i>D.</i> Convention du 23 mai 1906 relative aux communications de quai à quai dans les stations d'échange	422
— <i>E.</i> Convention du 21 octobre 1906 relative à l'établissement d'ascenseurs dans les stations profondes	424
— <i>F.</i> Convention du 29 octobre 1907 relative aux usines productrices d'électricité.	426
— <i>G.</i> Délibération du Conseil municipal de Paris en date des 23-27 décembre 1907	432
— <i>H.</i> Loi du 10 avril 1908.	436

ÉVREUX, IMPRIMERIE CH. HÉRISSEY ET FILS



8 Juin

LE CHEMIN DE FER
MÉTROPOLITAIN MUNICIPAL
DE PARIS

LIGNE CIRCULAIRE N° 2 (RIVE GAUCHE)
LIGNE N° 3 DU BOULEVARD DE COURCELLES A MÉNILMONTANT
RÉSULTATS DE L'EXPLOITATION

Publié, avec l'approbation de M. le Préfet de la Seine

PAR

JULES HERVIEU

Conducteur principal des Ponts et Chaussées,
Chef des Bureaux du Service technique du Métropolitain.

PRÉCÉDÉ D'UNE PRÉFACE

PAR

F. BIENVENÛE

Inspecteur Général des Ponts et Chaussées,
Chef du Service technique du Métropolitain.

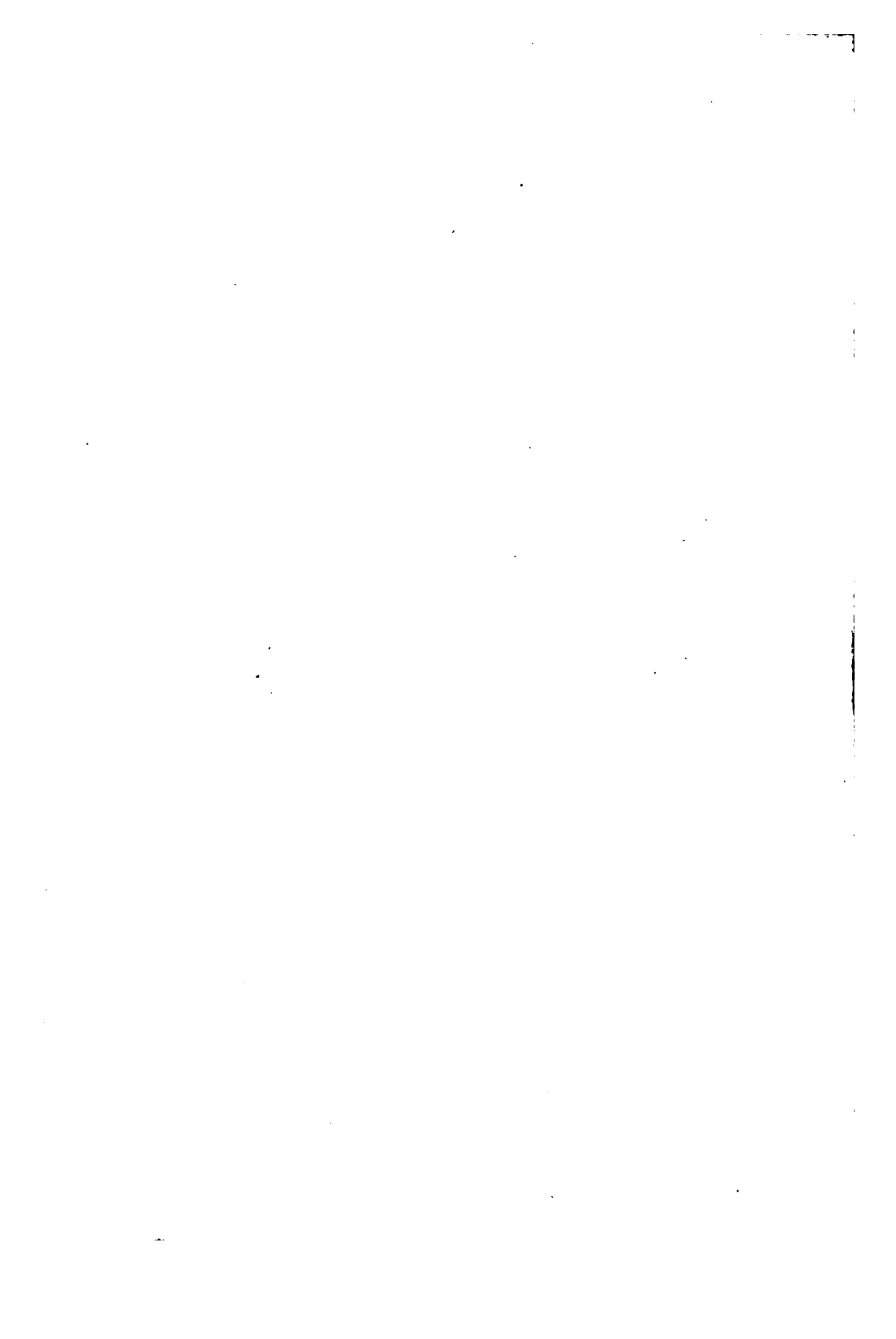
TOME II

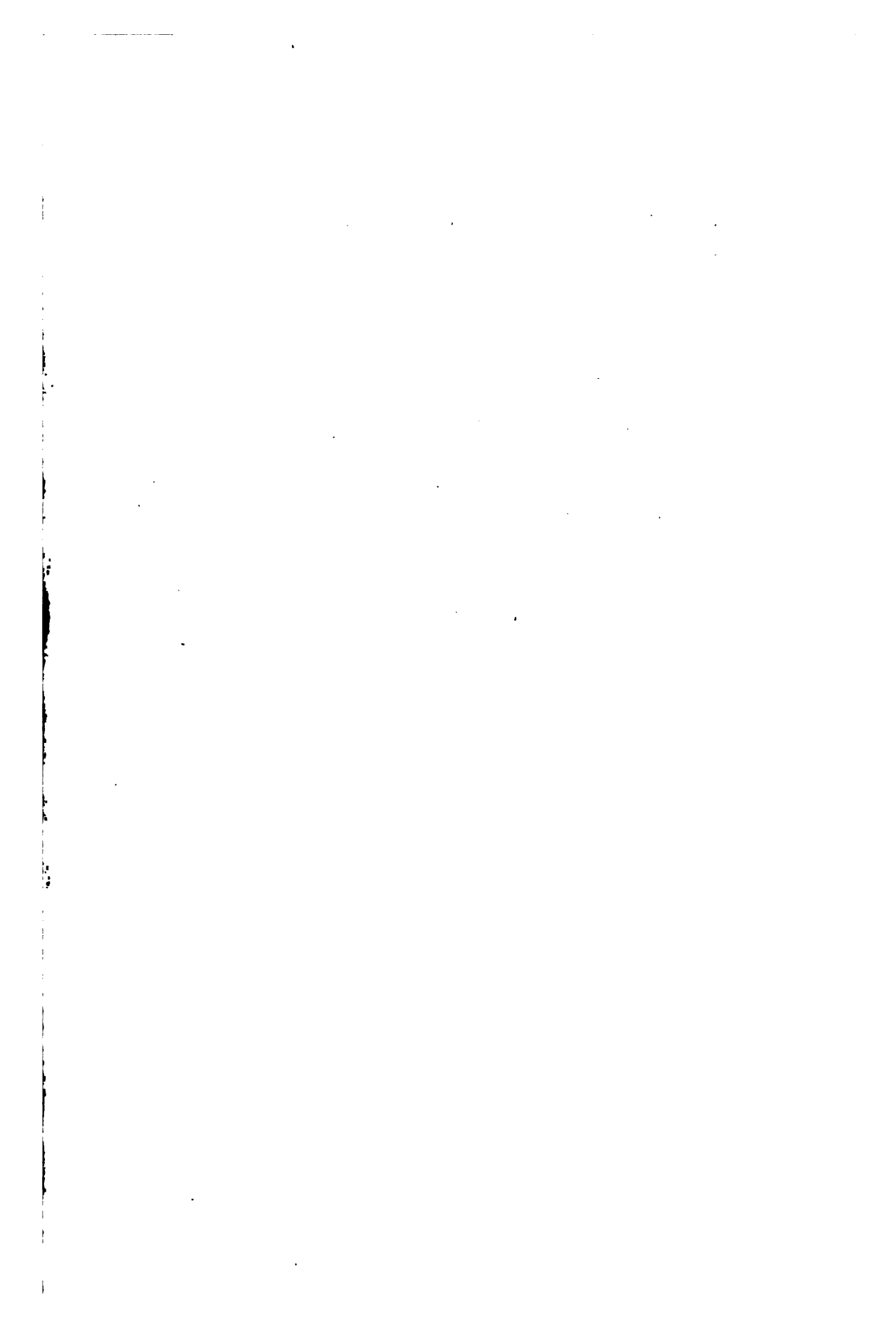
PARIS

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE, CH. BÉRANGER, ÉDITEUR
SUCCESSEUR DE BAUDRY ET C^o
PARIS, 15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15
LIÈGE, 21, RUE DE LA RÉGENCE

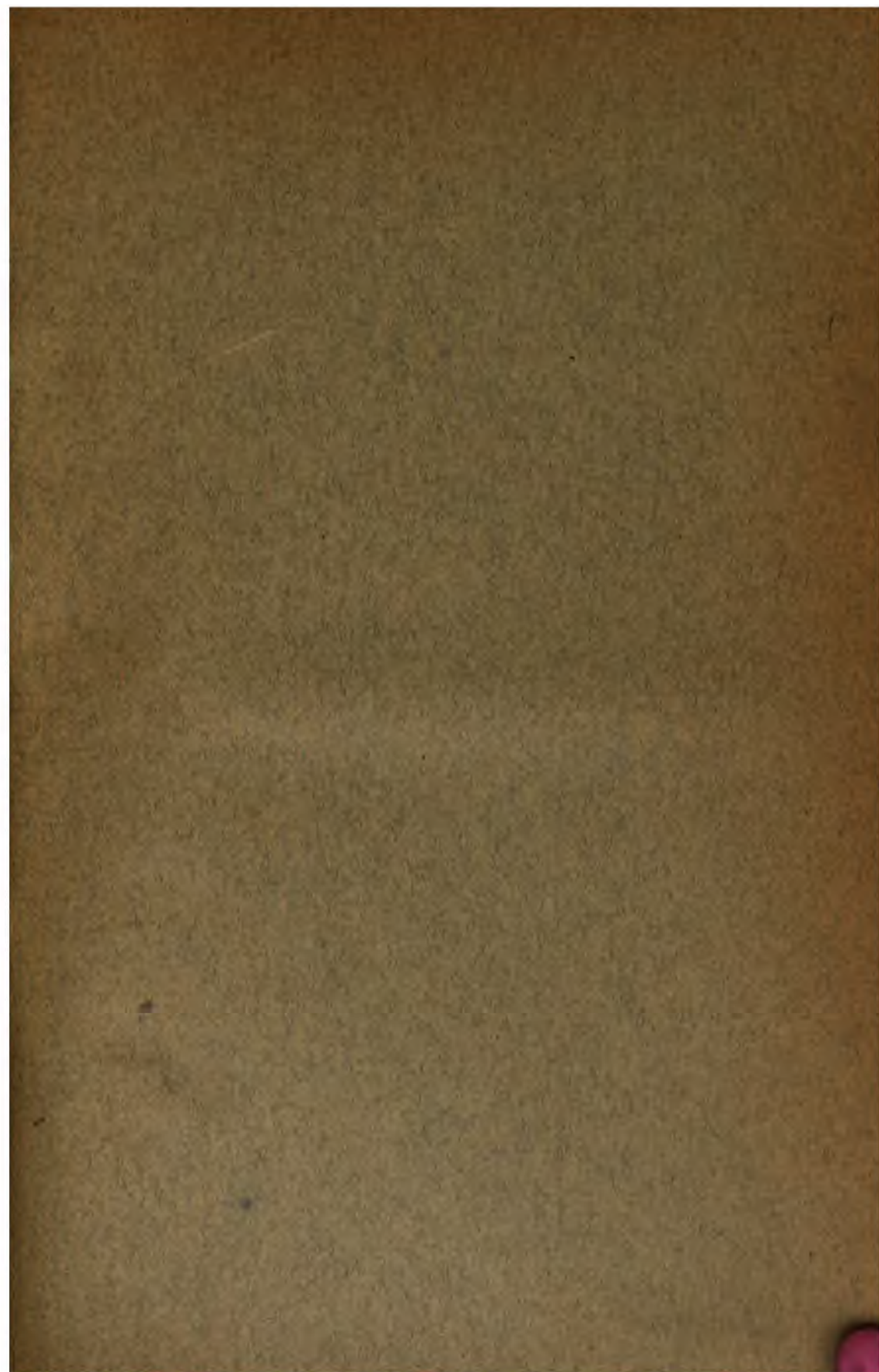
1908

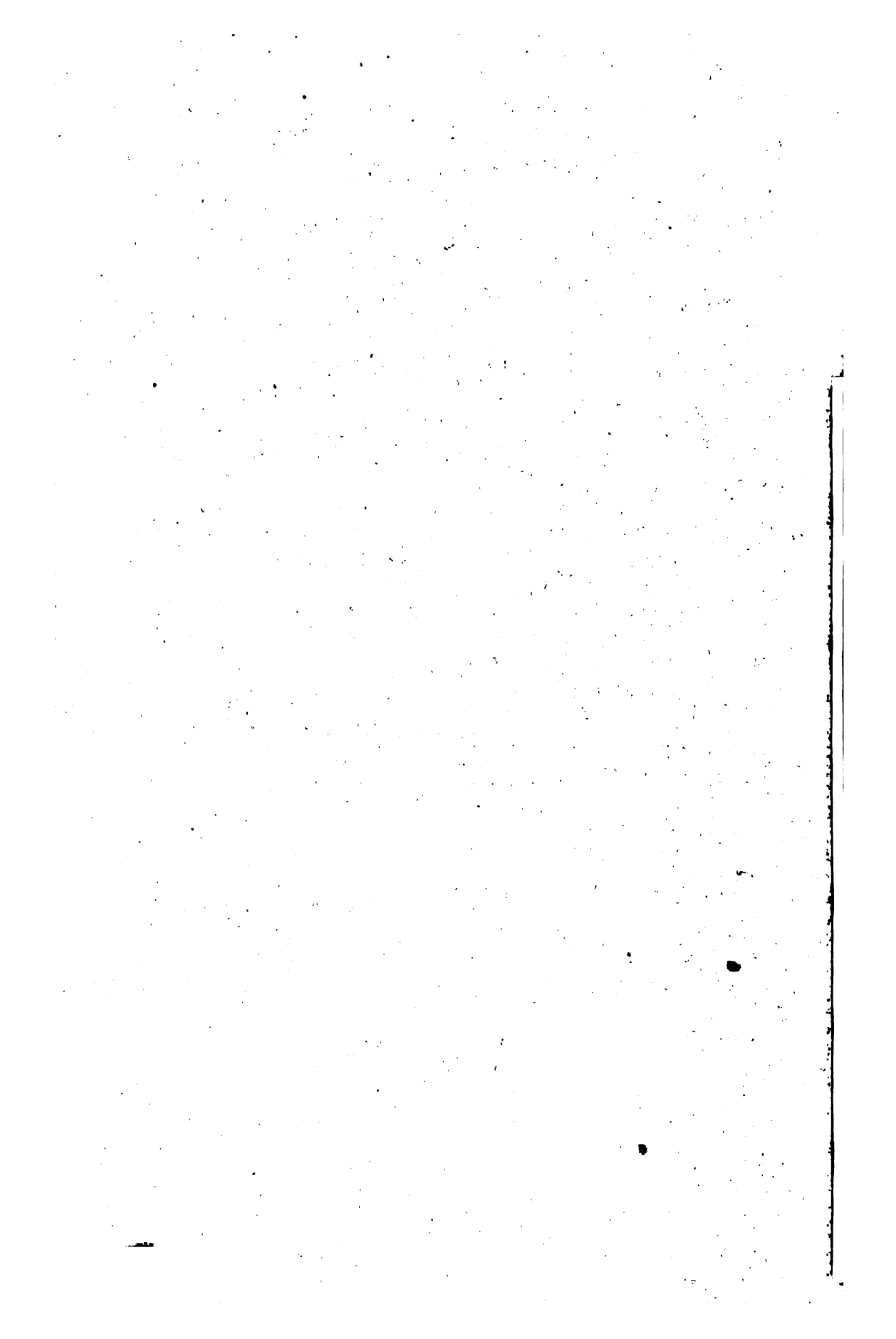
Tous droits réservés.

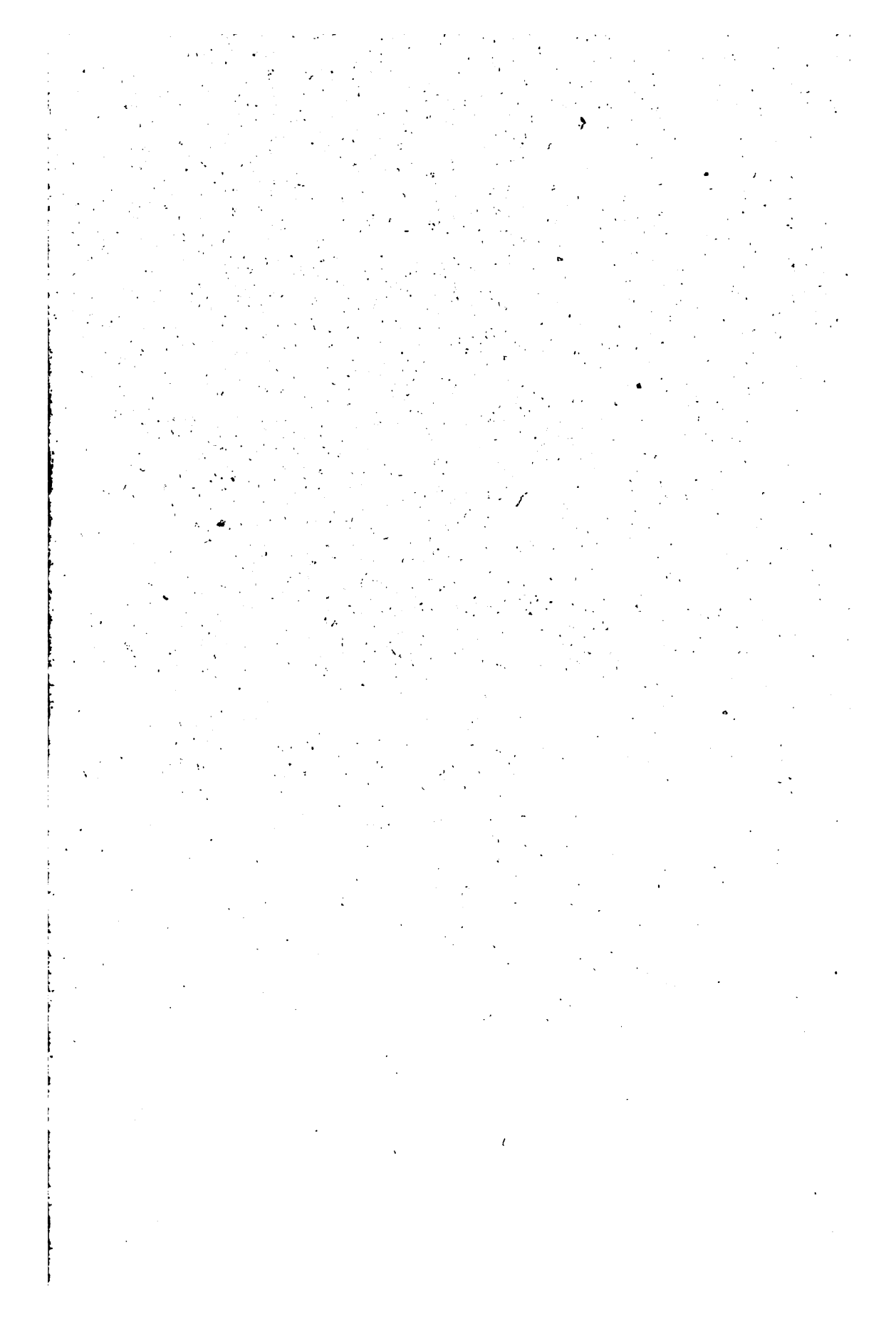












89077800878



B89077800878A

