

Auteur ou collectivité : Dumas, Albin

Auteur : Dumas, Albin

Titre : Le Chemin de fer métropolitain de Paris. Description du réseau projeté- Lignes actuellement exécutées - Usine de Bercy - Exploitation des lignes en service - Lignes actuellement en construction

Adresse : Paris : Le Génie civil : Ch. Béranger, 1901

Collation : 183 p. : fig. et pl. depl. ; 23 cm

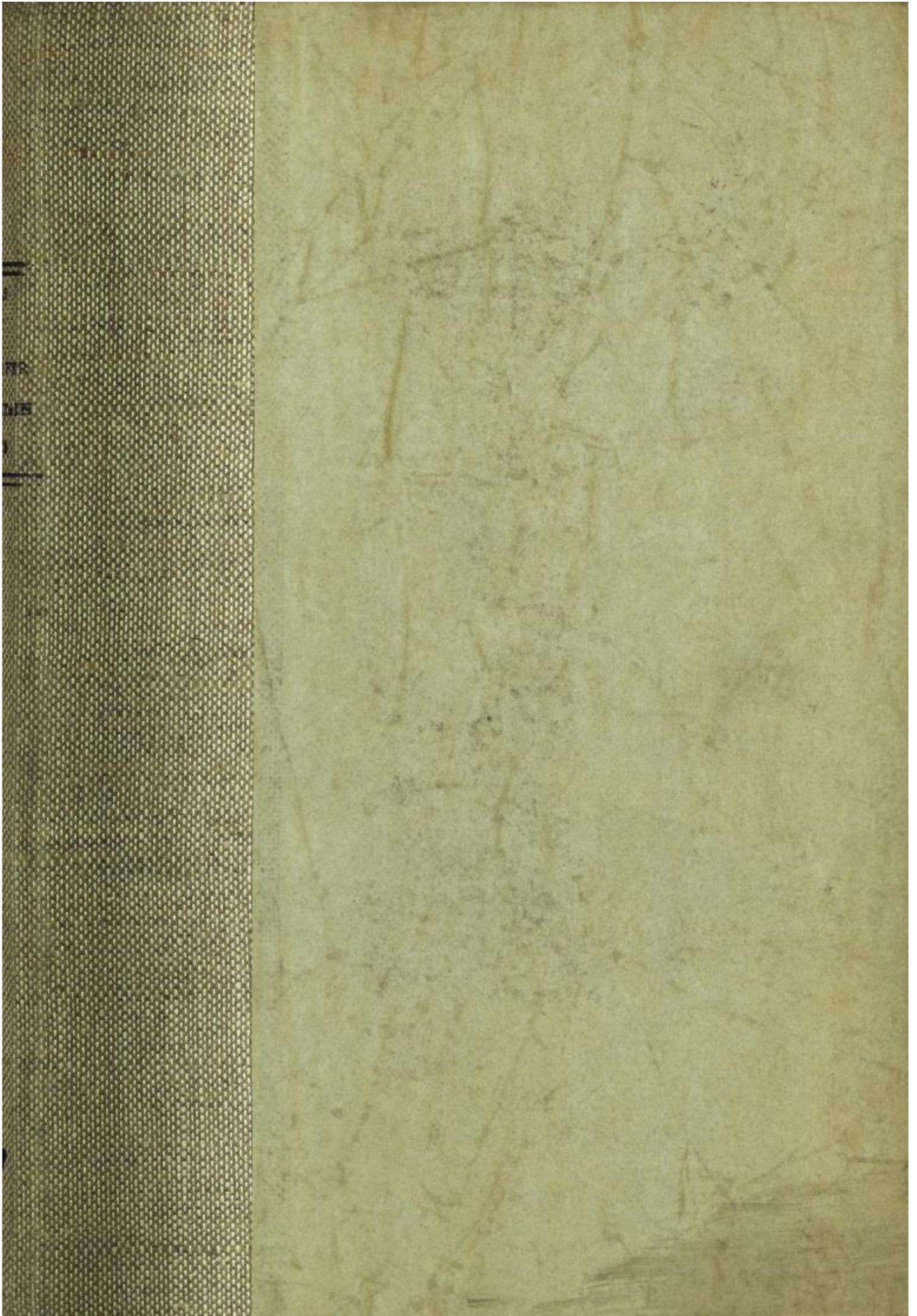
Cote : CNAM-BIB 8 Le 417

Sujet(s) : Voies ferrées

Date de mise en ligne : 08/11/2016

Langue : Français

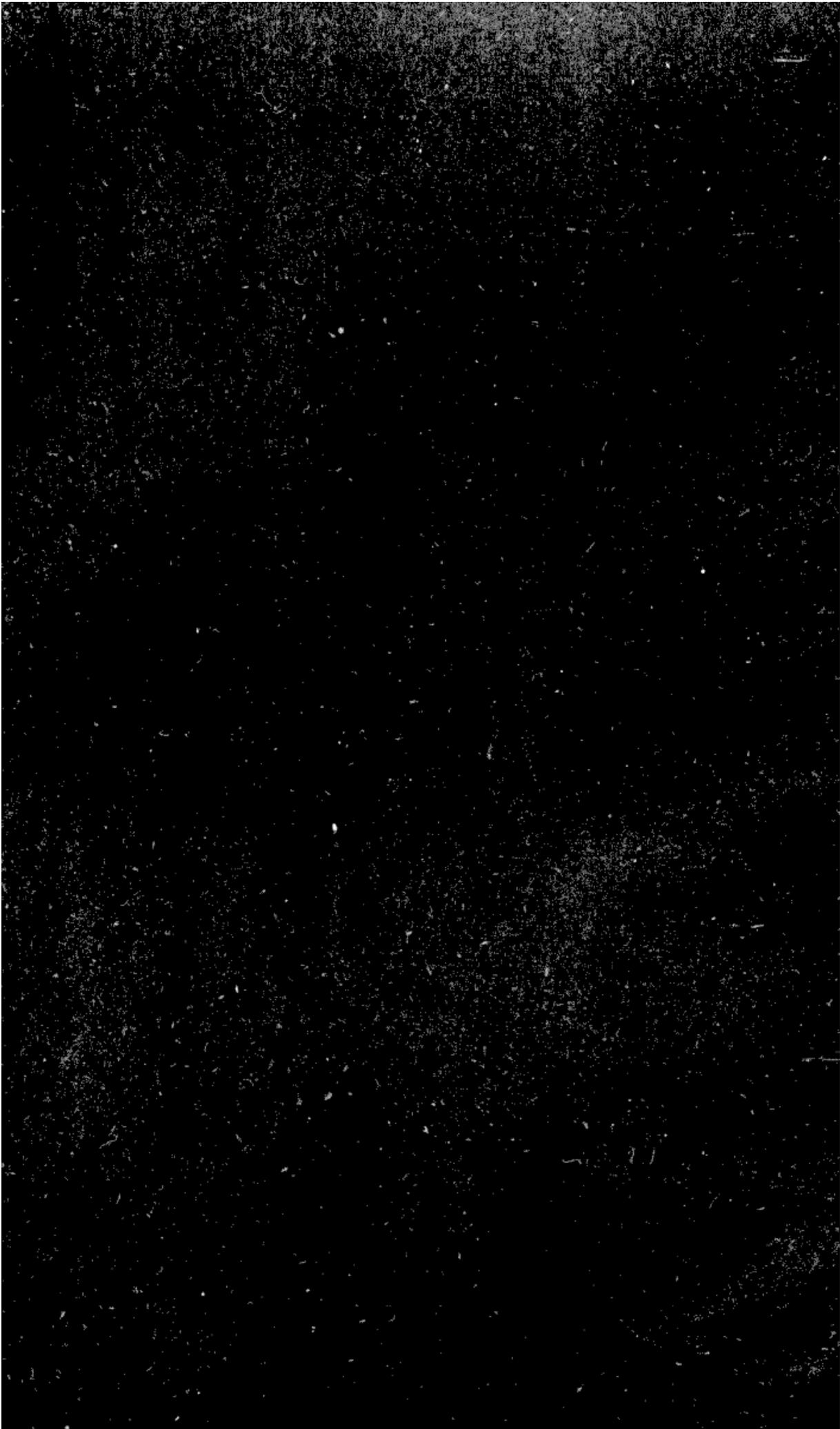
URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redir?8LE417>







Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



CONSERVATOIRE DES ARTS & MÉTIERS

COURS DE MÉCANIQUE
APPLIQUÉE AUX ARTS

n: 455

LE
CHEMIN DE FER
MÉTROPOLITAIN
DE PARIS

CONSERVATOIRE DES ARTS & MÉTIERS

COURS DE MÉCANIQUE
APPLIQUÉE AUX ARTS

8° Le. 417

n° 455

LE

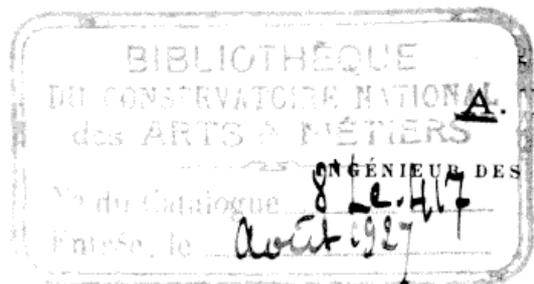
CHEMIN DE FER

MÉTROPOLITAIN

DE PARIS

DESCRIPTION DU RÉSEAU PROJETÉ — LIGNES ACTUELLEMENT EXÉCUTÉES
USINE DE BERCY — EXPLOITATION DES LIGNES EN SERVICE
LIGNES ACTUELLEMENT EN CONSTRUCTION

PAR



A. DUMAS

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

(Avec 105 figures dans le texte et 7 planches hors texte.)

PARIS

LE GÉNIE CIVIL

CH. BÉRANGER, ÉDITEUR

6, RUE DE LA CHAUSSÉE-D'ANTIN, 6 | 15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

1901

UNIVERSITY OF
MONTREAL

AVANT-PROPOS



Après de laborieuses études, émanant d'initiatives diverses, et une longue suite de discussions stériles, la Ville de Paris a enfin obtenu, par la loi du 30 mars 1898, l'autorisation de construire un chemin de fer métropolitain. Une partie importante du réseau (14 kilomètres) est déjà en exploitation, une autre partie (10 kilomètres) est en cours d'exécution et le restant est l'objet d'études définitives qui permettront d'en hâter la construction.

Ce nouveau mode de transport en commun a été accueilli avec beaucoup de faveur et dès la mise en service de la première ligne on a pu constater que, contrairement à une opinion fort répandue, le public parisien n'est nullement rebelle à l'idée de voyager en souterrain. A l'époque de débordante activité dans laquelle nous vivons, ce que recherchent avant tout les gens qui utilisent les transports en commun, c'est la rapidité. L'économie de temps que le Métropolitain leur permet de réaliser n'est pas trouvée trop chèrement achetée par la privation du grand air, et cette privation a été acceptée d'autant plus allégrement qu'elle n'est, en somme, que de très courte durée et que le confort que l'on trouve dans les voitures du chemin de fer souterrain est au moins aussi grand que celui que présentent les omnibus et les tramways.

L'intérêt qui s'attache à cette entreprise, non seulement pour les Ingénieurs, mais encore pour tous les gens qui aiment à être exactement renseignés, s'est manifesté par la rapidité avec laquelle ont été épuisés les numéros du Génie Civil (21 juillet 1900, 2 et 9 mars 1901) dans lesquels nous avons publié des études sur ce sujet.

C'est la faveur avec laquelle ces études ont été accueillies qui nous a engagé à les réunir en volume et à y ajouter les nouveaux renseignements qu'il nous a été possible de recueillir.

Nous avons naturellement profité de cette occasion, non seulement pour compléter notre travail, mais aussi pour le refondre et pour le présenter avec plus de méthode et dans un ordre plus logique que celui que nous avons été obligé d'adopter pour nos publications successives dans le Génie Civil.

Sous sa nouvelle forme, notre étude se divise en trois parties bien distinctes :

1° L'historique de la question et l'étude d'ensemble du réseau adopté ;

2° La description détaillée de la partie du réseau actuellement construite, des travaux auxquels elle a donné lieu et du matériel qui y est employé. Cette partie est complétée par la description de l'usine génératrice d'électricité et par des renseignements assez circonstanciés sur la manière dont l'exploitation est conduite, sur les résultats qu'elle a donnés et sur le trafic réalisé jusqu'au 31 mai 1901 ;

3° L'exposé du projet de la ligne actuellement en construction.

Nous y avons ajouté, en outre, un appendice contenant :

a) L'exposé du système général d'exploitation des six lignes actuellement concédées, tel qu'il a été fixé par la délibération du Conseil municipal en date du 14 juin 1901 ;

b) Quelques renseignements sur les nouvelles voitures qui vont être mises successivement en service.

Dans les sept planches hors texte annexées à cette brochure, ont été condensés les dessins les plus intéressants et qui peuvent le mieux donner une idée exacte des ouvrages décrits. La première, notamment, contient, tracés en trois couleurs différentes, les divers itinéraires, avec l'indication de toutes les stations, des lignes en exploitation, de celles définitivement autorisées et de celles enfin qui ne sont encore qu'à l'état de projet.

Nous nous sommes efforcé de rendre l'intelligence de cette monographie accessible au plus grand nombre en la débarrassant de détails trop techniques qui auraient pu rebuter les lecteurs peu versés dans les questions de travaux ou de traction électrique. Néanmoins, nous pensons que par le nombre et la nature des renseignements qu'elle renferme, elle sera utile aux Ingénieurs.

A. D.

Paris, 1^{er} juillet 1901.

LE
CHEMIN DE FER
MÉTROPOLITAIN



DE PARIS

DESCRIPTION GÉNÉRALE DU RÉSEAU PROJETÉ

Avant d'entrer dans la description du projet de chemin de fer métropolitain adopté finalement par la Ville de Paris, nous croyons intéressant de rappeler brièvement les diverses tentatives qui l'ont précédé, ainsi que les différentes phases par lesquelles il est lui-même passé avant d'avoir reçu l'approbation définitive qui a permis de le mettre à exécution.

HISTORIQUE.

Il faut remonter presque à un demi-siècle pour trouver la première idée d'un chemin de fer destiné à desservir spécialement l'agglomération parisienne. Dès 1856, en effet, MM. Brame et Flachat eurent l'idée de relier le centre de Paris à la circonférence, afin d'assurer, par voie ferrée, les approvisionnements des Halles centrales. Ce projet reçut même un commencement d'exécution, ou tout au moins de préparation, dans certains aménagements faits dans le sous-sol des Halles et l'égout collecteur du boulevard de Sébastopol qui était alors en construction.

L'idée d'un chemin de fer dans Paris, comportant de plus ou moins grands développements, fut reprise par divers Ingénieurs parmi lesquels nous citerons MM. Le Hir, Le Masson, Le Tellier, Guerbigny; mais ce ne fut qu'en 1871 que le Conseil général de la Seine se décida à faire étudier le projet d'un véritable réseau de

chemins de fer dans l'intérieur de Paris, réseau inspiré par l'exemple du Métropolitain de Londres. Une Commission fut nommée à cet effet et son rapporteur, M. Manton, alors directeur du Chemin de fer de Ceinture, présenta un très remarquable rapport dans lequel le problème à résoudre était parfaitement défini et dont les idées générales ont trouvé leur application dans le projet aujourd'hui adopté.

Depuis cette époque, de très nombreux projets de métropolitain ont été proposés, émanant soit des Ingénieurs de la Ville de Paris, soit de particuliers plus ou moins autorisés, soit même de certaines Compagnies de chemins de fer intéressées. (1). Tous ces projets, de mérites divers, ont tour à tour échoué par suite de l'impossibilité dans laquelle se sont trouvés leurs promoteurs d'arriver à une entente soit avec la Ville, soit avec l'État.

Nous nous bornerons à citer ici les projets qui ont été les plus remarquables, sans nous attacher à suivre un ordre chronologique absolument rigoureux, et nous signalerons seulement les idées les plus originales ou les plus pratiques, au point de vue technique, sur lesquelles étaient basés ces projets.

Projet L. Heuzé. — Partisan d'une voie aérienne, M. Heuzé appelait son réseau « chemin de fer transversal, avec passage couvert pour piétons ». Il le supposait établi à 7 mètres au-dessus du sol, dans une voie de 13 mètres de largeur spécialement créée dans ce but. A son avis, les boutiques établies sous le chemin de fer, comme celles qui existent dans les voûtes de la ligne de Vincennes-Bastille, auraient suffi à couvrir les frais de la construction.

Projet Chrétien. — Le projet proposé par M. Chrétien, en 1881, était également aérien, mais il empruntait des voies existantes, notamment la ligne des grands boulevards, et s'établissait sur colonnes métalliques de 5 à 6 mètres de hauteur. La caractéristique la plus remarquable de ce projet consistait dans l'emploi de la traction électrique, idée qui fait honneur à la perspicacité de son auteur mais qui, à cette époque, aurait sans doute été d'une réalisation bien difficile.

Projet Vauthier. — Le projet de M. Vauthier prévoyait un Métropolitain aérien, à 6 mètres au-dessus du sol, passant par les anciens boulevards extérieurs et les quais de la Seine.

(1) La plupart de ces projets ont été décrits dans le *Génie Civil*, à l'époque où ils ont été présentés.

Projet Berlier. — En 1887, M. Berlier proposait un système de tramways tubulaires, ainsi dénommés parce qu'ils devaient circuler dans un souterrain dont les parois étaient constituées par un tube métallique. Cet ingénieur préconisait, pour le percement de ce souterrain, l'emploi du bouclier, afin de ne pas gêner la circulation, et il prévoyait l'emploi de l'électricité pour la traction des véhicules et l'éclairage du tunnel. Ce système fut pris en très sérieuse considération et la Ville était sur le point d'octroyer à M. Berlier la concession de la ligne Vincennes-Porte Dauphine, lorsque cette ligne a été englobée dans le réseau général définitivement adopté. De tous les projets présentés pour l'exécution du Métropolitain, celui préconisé par M. Berlier est sans doute celui qui, au point de vue technique, se rapproche le plus de la solution pour laquelle on s'est prononcé en dernier ressort.

Projet Mareschal. — L'idée la plus caractéristique de ce projet était d'appliquer au Métropolitain, établi en souterrain, la traction funiculaire, c'est-à-dire de supprimer les locomotives à vapeur, électriques ou autres et de les remplacer par des moteurs fixes actionnant des câbles sans fin sur lesquels auraient été accrochés les véhicules.

Projet Haag. — Le projet de M. Haag repose à peu près sur la même idée que celui de M. Heuzé, c'est-à-dire qu'il prévoit pour l'établissement du Métropolitain, le percement de larges artères dont ce dernier occuperait la partie centrale. On réaliserait ainsi une très importante opération de voirie, qui aurait l'avantage d'assainir la ville, et l'auteur estime que l'énorme dépense qui en résulterait serait compensée, au moins dans une grande mesure, par les rendements des boutiques établies sous les viaducs et les plus-values acquises par les terrains en façade sur les nouvelles avenues.

Projet J. Garnier. — Dans ce projet, le réseau, qui devait suivre le milieu des grands boulevards, était non seulement aérien, mais encore les deux voies, supportées par des cadres métalliques, devaient être superposées l'une à l'autre.

Projet Villain et Dufresne. — La caractéristique la plus remarquable de ce projet consistait dans l'utilisation des quais de rive droite de la Seine pour l'établissement des voies. On aurait ainsi obtenu un souterrain prenant jour par de larges baies percées dans les murs de quai, ainsi que cela a été pratiqué depuis, sur la rive

gauche, pour le prolongement de la ligne d'Orléans de la place Valhubert au quai d'Orsay.

Projet Cotard et Sautereau. — Vers la même époque, c'est-à-dire en 1887, MM. Ch. Cotard et G. Sautereau proposaient un projet dont l'ensemble était tout différent du précédent mais qui comportait l'utilisation des quais de rive droite de la Seine à peu près dans les mêmes conditions. En outre de cette disposition, la principale caractéristique de ce projet était l'établissement d'une gare terminus du réseau des Chemins de fer de l'État près du Trocadéro et le prolongement de ses voies jusqu'à Courcelles-Levallois.

A côté de ces divers projets, émanant de l'initiative privée et comportant des dispositions techniques plus ou moins originales, il y a lieu de signaler les projets préparés par le Ministère des Travaux publics en 1884-1886 (projet Baïhaut) et en 1894 (projet Barthou) et celui élaboré, en 1890, par les Établissements Eiffel et la Compagnie du chemin de fer du Nord. Ces divers projets, dans lesquels on cherchait à donner simultanément satisfaction aux intérêts de la Ville de Paris et de l'État, ont été l'objet de longues discussions tant au Parlement qu'au Conseil municipal, mais aucun d'eux n'a pu réunir toutes les adhésions nécessaires et ils ont été successivement abandonnés.

Une divergence de vues absolue et irréductible existait, en effet, entre la Ville et le Gouvernement. Tandis que ce dernier attribuait au Métropolitain de la capitale un caractère d'intérêt général et voulait l'utiliser pour raccorder entre elles les gares des grandes Compagnies, les édiles de la Ville de Paris persistaient à le considérer comme devant être d'intérêt purement local, réservé aux besoins de la circulation urbaine et indépendant des lignes des grands réseaux.

Cette discussion stérile durerait sans doute encore si la perspective des besoins créés par l'Exposition universelle de 1900 n'avait fait entrer les deux parties en litige dans la voie de la conciliation. En échange du concours prêté par la Ville de Paris à la préparation de l'Exposition, le Gouvernement a consenti à se départir en sa faveur de la manière de voir qu'il avait eue jusqu'alors au sujet du Métropolitain. Par lettre en date du 22 novembre 1895, le ministre des Travaux publics a mis fin au conflit et reconnu à la Ville le droit d'assurer elle-même l'exécution, à titre d'intérêt local, des lignes spécialement destinées à

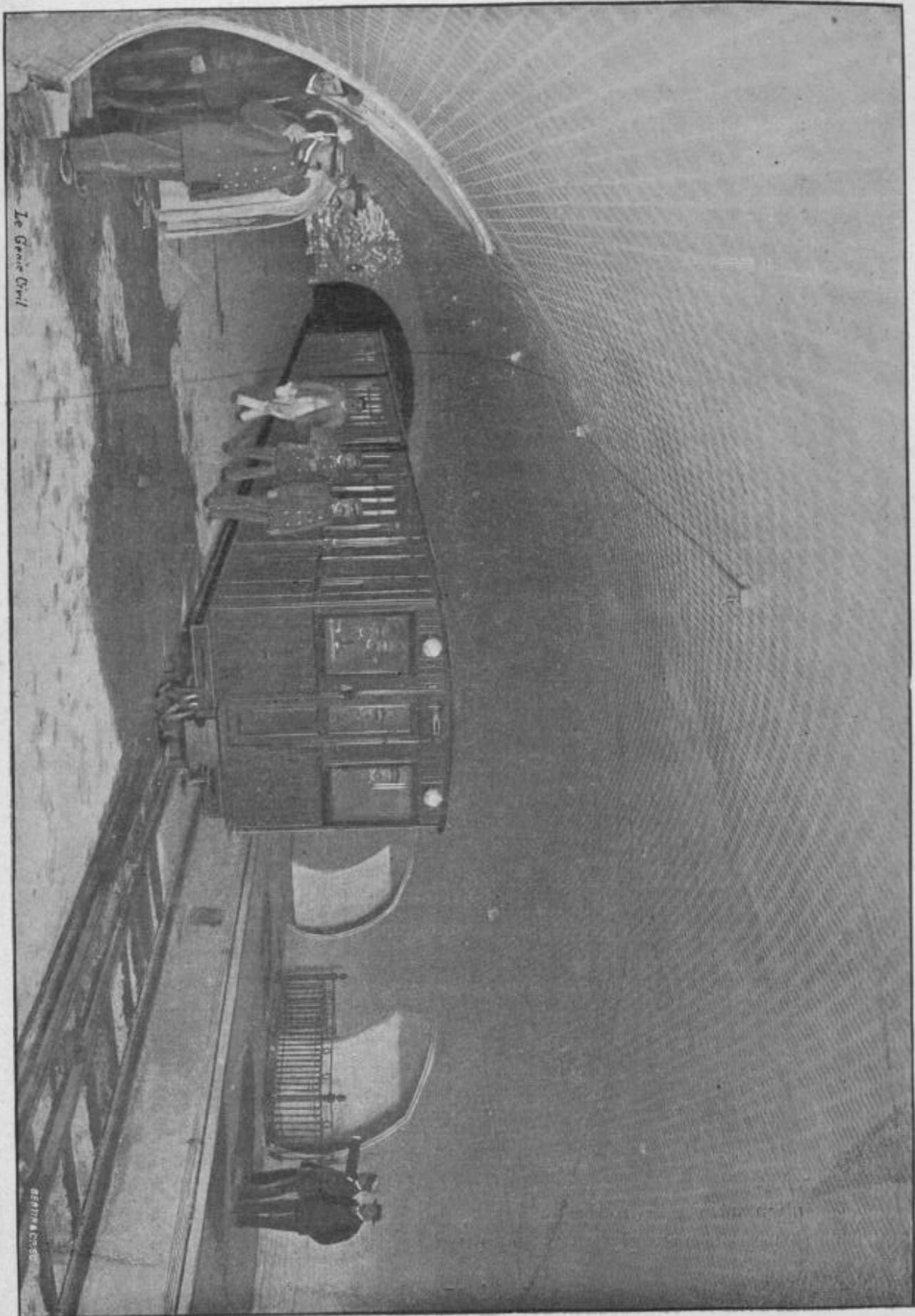


Fig. 1. — Vue d'un train dans la station de la Place de l'Étoile, prise le 13 juillet 1900.

desservir des intérêts urbains. Grâce à cette décision, la question est entrée dans une nouvelle voie, féconde en résultats pratiques et qui a rapidement conduit à la solution aujourd'hui en partie exécutée.

Nous ne nous arrêterons pas sur les différentes phases par lesquelles a passé cette solution avant son approbation définitive ; nous nous bornerons à les rappeler brièvement.

Dès le début de 1896, la Commission compétente du Conseil municipal avait tracé le programme du réseau métropolitain en lui imposant un double but : « suppléer à l'insuffisance des moyens de transport du Paris actuel et mettre en valeur les quartiers éloignés et les moins peuplés de la capitale ». Après la mise à l'enquête de cet avant-projet, un projet complet fut dressé par les Ingénieurs de la Ville sur les bases suivantes :

1° Voie étroite, permettant de réduire la dépense par la diminution de section et d'assurer l'autonomie du réseau en rendant impossible son raccordement ultérieur avec les lignes des grandes Compagnies ;

2° Emploi de trains légers à traction électrique ;

3° Construction de l'infrastructure par la Ville de Paris ;

4° Exploitation par un concessionnaire.

Par délibération en date du 9 juillet 1897, le Conseil municipal approuva ce projet ainsi qu'une convention passée avec le concessionnaire qui avait été choisi, à la suite d'un concours, pour assurer l'exploitation. Ce projet et cette convention furent successivement adoptés, avec quelques modifications, par la Chambre des députés et le Sénat, en mars 1898, après avis du Conseil général des Ponts et Chaussées et du Conseil d'État, et la loi déclarative d'utilité publique fut enfin promulguée le 30 mars 1898. Le 4 avril suivant, une nouvelle loi autorisait la Ville de Paris à émettre un emprunt de 165 millions, destiné à faire face aux dépenses entraînées par l'exécution du projet.

DISPOSITIONS ESSENTIELLES DU PROJET.

Tout en approuvant dans son essence le projet du Conseil municipal, la loi du 30 mars y a introduit certaines modifications plus ou moins importantes. Nous nous bornerons à signaler la plus caractéristique.

Le projet primitif comportait une voie étroite, c'est-à-dire avec rails de 1 mètre d'écartement, et cette disposition avait été adop-

tée non seulement en vue de réduire la section des ouvrages, mais aussi (on pourrait même dire surtout) afin de rendre impossible le raccordement du réseau urbain avec celui des lignes des grandes Compagnies. En agissant ainsi, le Conseil municipal avait voulu s'assurer que le Métropolitain conserverait forcément son autonomie et son indépendance et qu'il ne pourrait jamais être absorbé, sous une forme ou sous une autre, par les grandes Compagnies, dont les lignes aboutissent à Paris. Il tenait essentiellement à avoir un chemin de fer qui fût sous sa direction et son contrôle exclusifs, soustrait à toute autre influence, et que, suivant la spirituelle expression de M. Poubelle, alors préfet de la Seine, « il puisse tutoyer » (1).

Cette appréhension du raccordement futur du Métropolitain avec les grandes lignes de pénétration ou le Chemin de fer de Ceinture n'a pas été partagée par le Parlement qui a, au contraire, jugé utile de réserver la possibilité de ce raccordement, tout au moins dans certaines conditions. La loi du 30 mars 1898 impose, en effet, aux voies du Métropolitain l'écartement normal de 1^m 44 et elle prescrit que la largeur maximum du matériel roulant sera portée de 2^m 10 à 2^m 40, toutes saillies comprises.

A ce sujet, il faut remarquer que le projet primitif, comportait une voie de 1 mètre d'écartement et des voitures de 1^m 90 de largeur, mais, sur la demande du futur concessionnaire, l'écartement de la voie avait été porté à 1^m 30 et la largeur du matériel roulant à 2^m 10. Les figures 2 et 3 donnent les dimensions respectives des souterrains en voie courante dans les deux projets.

Cette modification au projet primitif a été acceptée volontiers par le Conseil municipal, car l'augmentation ainsi imposée à l'écartement des rails permet bien au matériel du Métropolitain de circuler sur les voies du Chemin de fer de Ceinture et des grandes lignes de pénétration, mais sans réciprocité.

Les dimensions imposées aux véhicules du Métropolitain restent en effet très inférieures à celles des véhicules ordinaires des grandes lignes, ainsi qu'on peut s'en rendre immédiatement compte par la comparaison du profil en travers du souterrain en voie courante du Métropolitain (fig. 3) avec, par exemple, un profil en travers du prolongement dans Paris de la ligne de Sceaux (fig. 4). Il en résulte que, dans le cas d'un raccordement éventuel des deux réseaux, le matériel du Métropolitain pourrait

(1) *Bulletin municipal* du 21 avril 1896.

circuler sur les voies des grandes lignes, tandis que l'inverse ne pourrait pas se produire à cause de la trop faible section des souterrains du Métropolitain.

Cette disposition de la loi du 30 mars 1898 permettra peut-être un jour d'établir des communications directes entre le centre de la Ville et sa banlieue, contrairement à l'esprit du projet primitif du Conseil municipal, qui écartait, systématiquement, tous moyens d'exode des Parisiens dans la banlieue.

Ajoutons enfin que, d'après la loi du 30 mars 1898, la construction du réseau métropolitain doit laisser réalisables, au point

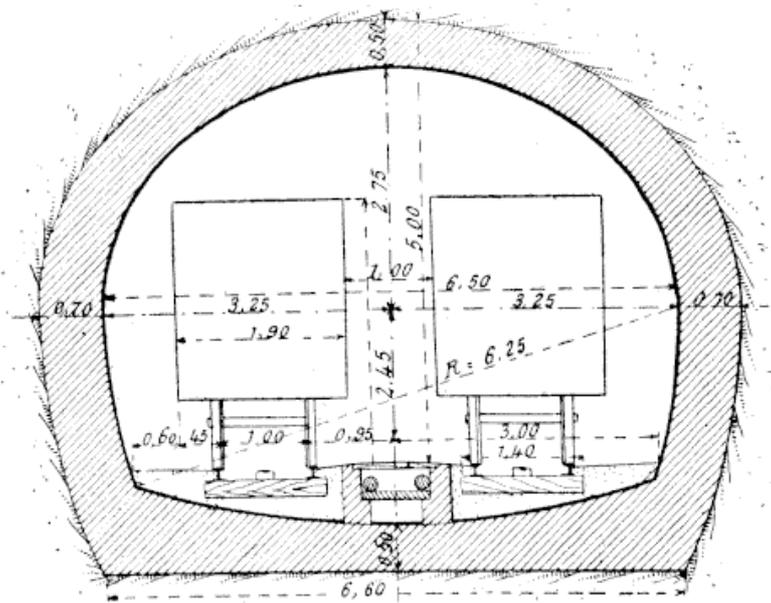


FIG. 2. — Profil-type en voie courante, d'après le projet primitif.

de vue technique, les pénétrations des grandes lignes et leurs raccordements entre elles dans Paris.

Il résulte des dispositions adoptées par le Conseil municipal et sanctionnées par la loi du 30 mars 1898, que les travaux d'infrastructure, c'est-à-dire les souterrains, tranchées, viaducs, nécessaires à l'établissement de la plate-forme du chemin de fer ou au rétablissement des voies publiques empruntées, seront construits par la Ville, par analogie avec les règles fixées par la loi du 11 juin 1842 relativement à la construction, par l'État, des chemins de fer d'intérêt général. Quant aux travaux de superstructure, ils seront exécutés par le concessionnaire chargé de l'exploitation, excepté les quais des stations qui sont à la charge de la Ville.

Cette combinaison présente des avantages indéniables qui sont les suivants :

1° La durée de la concession a pu être réduite à 35 ans, tandis

qu'il eût fallu, dans le cas de construction par un concessionnaire, aliéner le réseau pendant 75 ans, période nécessaire pour amortir la dépense d'établissement de l'infrastructure ;

2° La Ville pouvant se procurer les capitaux nécessaires à un taux bien inférieur à celui qu'aurait eu à payer toute Société privée, il en résulte un allègement sensible des charges qui grèveront l'entreprise ;

3° Enfin, il aurait été difficile à un concessionnaire de réaliser l'énorme capital nécessaire, et pour lui faciliter cette tâche, la Ville se serait sans doute trouvée dans l'obligation de lui concéder, ainsi que cela se fait généralement en pareille matière, une garantie d'intérêt de 2,5 %, ce qui, en tenant compte de la majoration des dépenses de premier établissement qui se serait sans doute alors produite, aurait engagé la responsabilité de la Ville dans des proportions analogues à celles qu'entraîne la construction directe par celle-ci.

Dans la combinaison adoptée, l'action directe de la Ville est d'ailleurs limitée aux seuls travaux de l'infrastructure ; elle livre au concessionnaire les souterrains, tranchées, viaducs, en lui laissant la charge de la superstructure et, par suite, la responsabilité des installations multiples dont la liaison est plus intime avec le service de l'exploitation. C'est au concessionnaire qu'incombent l'installation des voies et des transmissions électriques, l'aménagement des accès aux stations, la construction des usines et ateliers, la fourniture du matériel roulant, l'éclairage électrique du souterrain et des stations, etc. La dépense correspondante représente environ un quart des dépenses totales de premier établissement du Métropolitain.

Au concours ouvert à cet effet, divers demandeurs en concession s'étaient présentés ; le choix du Conseil municipal s'est porté sur la Compagnie générale de Traction, associée, dans cette entreprise, avec les établissements du Creusot.

RÉGIME DE LA CONCESSION.

D'après la convention intervenue entre la Ville et la Compagnie générale de Traction, cette dernière s'était engagée à former, dans le délai de six mois, à dater de la promulgation de la loi déclarative d'utilité publique, une Société anonyme au capital minimum, en numéraire, de 25 millions, dont le Conseil d'administration devait être composé exclusivement de Français, et à céder la concession à cette Société. C'est ainsi qu'est née la

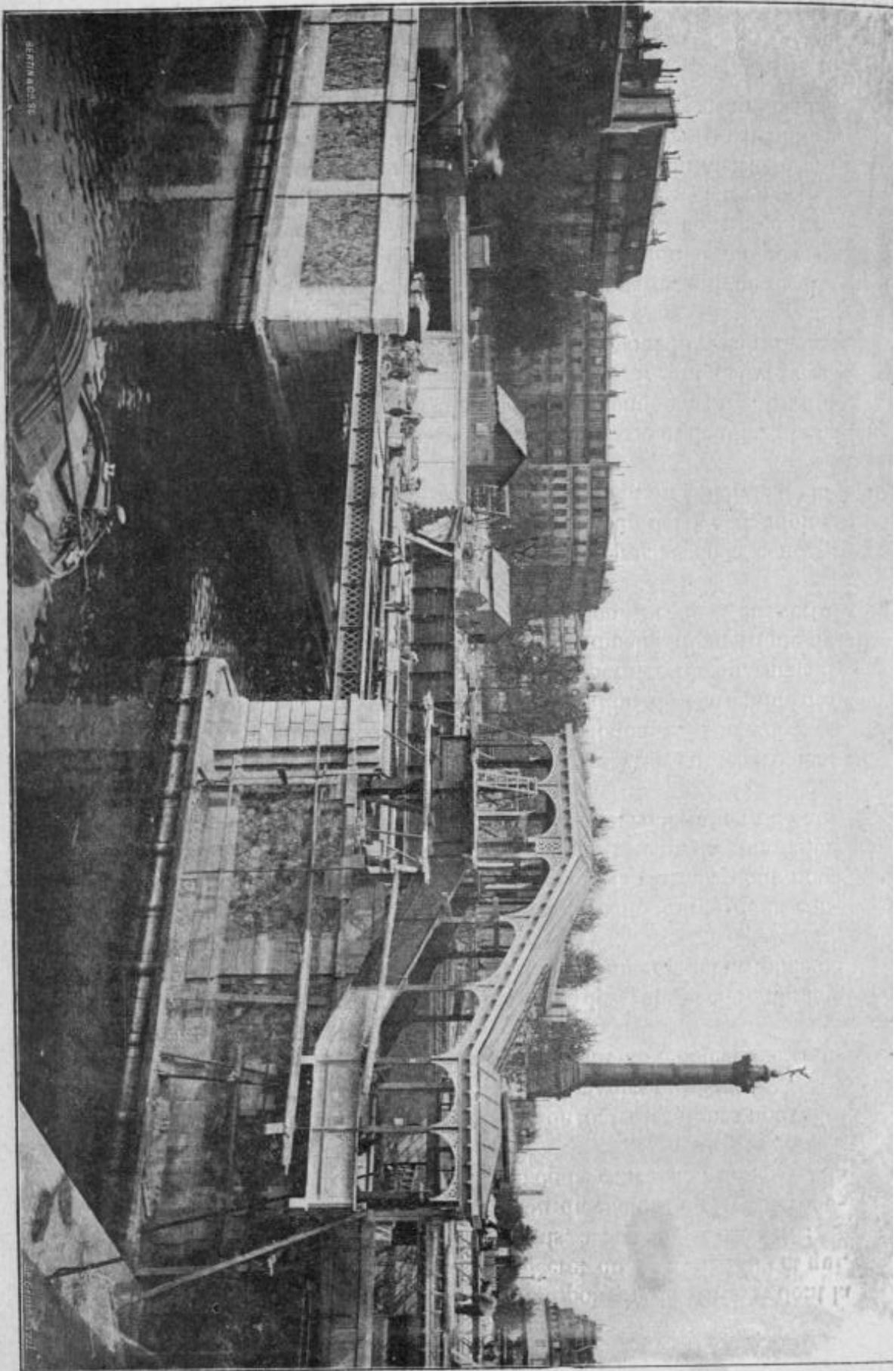


Fig. 5. — Station de la Place de la Bastille, sur le canal Saint-Martin ; vue prise le 10 juin 1900.

« Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris », dont la constitution a été approuvée par décret du 19 avril 1899 et qui, aux termes de l'article 2 de ses statuts, a pour objet exclusif :

1° L'établissement et l'exploitation du chemin de fer métropolitain de Paris, dans les conditions de la concession annexée à la loi du 30 mars 1898 ;

2° L'établissement et l'exploitation de toutes les lignes nouvelles qui pourraient être concédées par les Pouvoirs publics ;

3° Et toutes les opérations se rattachant aux objets ci-dessus énoncés.

La concession est faite pour une durée de 35 ans et elle embrasse un réseau divisé en six lignes distinctes d'une longueur totale de 65 kilomètres.

Pour la fixation du point de départ de cette durée de la concession, le Métropolitain est divisé en trois réseaux dont nous verrons plus loin le détail. Dans chaque réseau, la concession partira de la réception de la dernière ligne et se terminera 35 ans après cette date.

Les divers réseaux feront retour à la Ville successivement dans l'ordre de leur livraison au concessionnaire. Toutefois, ce dernier restera en possession de l'exploitation de l'ensemble des réseaux jusqu'au jour de la remise du dernier réseau, mais il devra payer à la Ville une redevance annuelle kilométrique de 45 000 francs pour la partie ayant fait retour à celle-ci en vertu des stipulations ci-dessus.

En outre, la Ville s'est réservé le droit de rachat de la concession et elle pourra exercer ce droit lorsqu'un délai d'au moins sept années se sera écoulé à partir de la réception générale de la section construite en dernier lieu.

Les tarifs perçus seront de 0 fr. 15 en 2^e classe et de 0 fr. 25 en 1^{re} classe pour le parcours d'un point quelconque à un autre du Métropolitain. Jusqu'à neuf heures du matin, il sera délivré des billets d'aller et retour en 2^e classe, valables pour le restant de la journée, au prix de 0 fr. 20.

Les recettes appartiendront au concessionnaire, qui ne reçoit ni subvention, ni garantie d'intérêt, sauf déduction d'une redevance en faveur de la Ville. Cette redevance sera consacrée par cette dernière à gager l'emprunt qu'elle a dû faire pour se procurer les capitaux nécessaires à la construction de l'infrastructure. Elle sera de 0 fr. 05 par billet de 2^e classe et de 0 fr. 10 par billet de 1^{re} classe. Au delà de 140 millions de voyageurs par an, cette

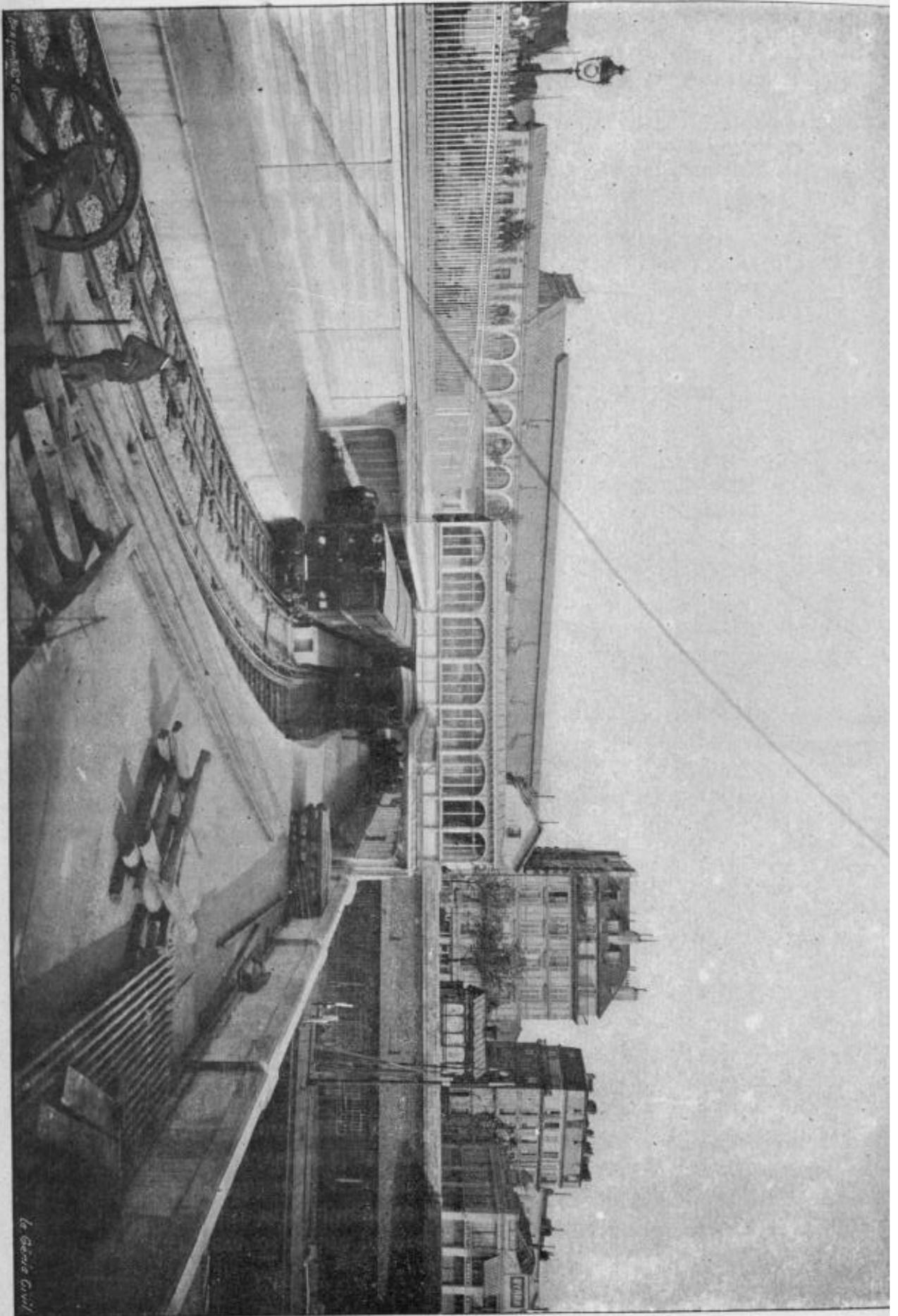


Fig. 6. — Station de la Place de la Bastille, sur le canal Saint-Martin. Vue prise, le 12 octobre 1900, au moment de l'arrivée de deux trains.

Le Génie Civil

redevance croîtra progressivement jusqu'à 0 fr. 055 et 0 fr. 105, à mesure que le nombre de voyageurs croîtra lui-même jusqu'à 190 millions.

Les diverses clauses relatives au mode d'exploitation seront signalées un peu plus loin quand nous parlerons de cette question.

Itinéraires et ordre d'exécution des lignes métropolitaines.

Le réseau métropolitain projeté comprend actuellement deux parties bien distinctes : l'une qui est déjà concédée et même en partie construite, et l'autre qui n'est qu'à l'état de projet et n'a pas encore été déclarée d'utilité publique. Le plan que nous donnons ci-annexé (pl. I) représente, teintées en trois couleurs différentes, les lignes construites, concédées ou simplement projetées.

Le réseau concédé à titre définitif représente les six lignes ou sections indiquées ci-après, avec leurs longueurs respectives et les prix auxquels était estimée la construction de leur infrastructure dans le projet primitivement dressé. Ces six lignes, dont la longueur totale est de 65 kilom., forment deux réseaux distincts au point de vue de la concession : l'une comprenant les trois premières lignes, soit 42 kilom., et l'autre les trois dernières, soit 23 kilom. La construction du premier réseau est seule obligatoire pour la Ville, tandis que celle du deuxième n'est que facultative, mais les brillants résultats déjà obtenus avec la partie de Métropolitain déjà ouverte à l'exploitation permettent de penser que l'exécution de la totalité des lignes prévues se poursuivra sans interruption.

DÉSIGNATION DES LIGNES CONCÉDÉES	LONGUEURS	DÉPENSES
	mètres	francs
A. Ligne de la porte de Vincennes à la porte Dauphine, traversant Paris de l'est à l'ouest	11 017 »	27 000 000
B. Ligne circulaire par les anciens boulevards extérieurs . . .	22 763 »	47 500 000
C. Ligne complétant les deux premières au nord, de la porte Maillot à Ménilmontant.	8 643 50	21 500 000
D. Ligne transversale Nord-Sud, de la porte de Clignancourt à la porte d'Orléans.	11 427 50	31 500 000
E. Raccordement du boulevard de Strasbourg au pont d'Austerlitz.	4 915 50	11 000 000
F. Raccordement du cours de Vincennes à la place d'Italie. .	5 929 »	11 500 000
TOTAUX	64 697 50	150 000 000

A cette somme de 150 millions, il faut ajouter 15 millions pour expropriations et dépenses diverses, ce qui donne le chiffre de 165 millions, montant de l'emprunt autorisé par la loi du 4 avril 1898. Toutefois, par suite de l'agrandissement du gabarit des voitures imposé par la loi du 30 mars 1898, cette dépense se trouvera sans doute majorée, ce qui la portera à 180 millions.

Le réseau qui n'est encore qu'à l'état de projet, mais dont le Conseil municipal poursuit actuellement la déclaration d'utilité publique (1), comprend les deux lignes suivantes :

DÉSIGNATION DES LIGNES PROJÉTÉES	LONGUEURS	DÉPENSES
	mètres	francs
H (2). Du Palais-Royal à la place du Danube	6 500	20 000 000
I. D'Auteuil à l'Opéra, par Grenelle	7 000	32 000 000
TOTAUX	13 500	52 000 000

En ajoutant cette dépense de 52 millions à celle de 180 millions prévue pour le réseau définitivement concédé, on arrive à une somme totale de 232 millions pour une longueur d'environ 78 kilom., soit une dépense d'environ 3 millions par kilomètre.

D'autre part, les dépenses d'établissement de la superstructure, à la charge de la Compagnie concessionnaire, peuvent s'évaluer à environ 800 000 francs par kilomètre, soit, pour les 78 kilom., à 62 millions en chiffre rond.

On voit donc, qu'en définitive, le coût total du réseau du Métropolitain sera d'environ 300 millions.

L'ensemble des lignes concédées ou projetées forme un réseau maillé qui couvre presque entièrement la surface de la Ville de Paris, mais dont les mailles sont beaucoup plus serrées sur la rive droite de la Seine que sur la rive gauche, ce qui est tout naturel, puisque c'est dans cette partie de la Ville que la population est le plus dense et, par suite, a besoin de moyens de transports plus développés.

(1) Les enquêtes relatives aux deux lignes de ce réseau sont terminées et n'ont donné lieu qu'à un petit nombre d'observations. Le projet de loi demandant la déclaration d'utilité publique sera sans doute déposé dans le courant de l'année 1901.

(2) Une ligne portant la lettre G avait d'abord été projetée, entre la place Valhubert et le quai de Conti, mais elle a été abandonnée, car elle est devenue inutile et même impossible par suite du prolongement des lignes du Chemin de fer d'Orléans qui en occupent la place.

L'examen du plan d'ensemble du réseau (pl. I) ne révèle que difficilement les idées générales d'après lesquelles il a été établi. Pour en faciliter l'intelligence et guider le lecteur dans ce dédale de voies se croisant en tous sens, nous indiquerons succinctement les itinéraires des différentes lignes. On verra sur le plan d'ensemble les parties de ces lignes qui sont en souterrain, en tranchée ou en viaduc.

Réseau concédé (1). — **LIGNE A :** *De la porte de Vincennes à la porte Dauphine.* — Cours de Vincennes, boulevard Diderot, rue de Lyon, place de la Bastille, rues Saint-Antoine et de Rivoli, place de la Concorde, Champs-Élysées, place de l'Étoile, avenue Victor-Hugo et avenue Bugeaud (2).

Cette ligne, actuellement en exploitation, comprend, ainsi que nous le verrons plus loin, deux parties bien distinctes : l'une de la porte de Vincennes à la place de l'Étoile, dont le prolongement aboutit à la porte Maillot, et l'autre de la place de l'Étoile à la porte Dauphine, destinée à être l'un des terminus de la ligne suivante.

LIGNE B : *Circulaire par les anciens boulevards extérieurs.* — Place de l'Étoile, avenue de Wagram, boulevards de Courcelles, des Batignolles, de Clichy, de Rochechouart, de la Chapelle, de la Villette, de Belleville, de Ménilmontant et de Charonne, avenue de Taillebourg, place de la Nation, où cette ligne se soude avec la ligne A pour se confondre avec celle-ci le long du boulevard Diderot, quai de la Rapée, pont d'Austerlitz, boulevard de l'Hôpital, place d'Italie, boulevards d'Italie, Saint-Jacques, Raspail, Edgar-Quinet, de Vaugirard, Garibaldi et de Grenelle, Trocadéro, avenue Kléber et place de l'Étoile.

Ainsi que nous le verrons plus loin, au point de vue de la construction et de l'exploitation, cette ligne a été divisée en deux parties bien séparées : la branche Nord, actuellement en construction, et la branche Sud dont les travaux seront mis en adjudication dans le courant de l'année 1901. Un tronçon de cette dernière branche, compris entre l'Étoile et le Trocadéro, a été livré à l'exploitation le 2 octobre 1900.

LIGNE C : *De la porte Maillot à Ménilmontant.* — Porte Maillot, avenue de la Grande-Armée, confondue avec la circulaire Nord entre la place de l'Étoile et le boulevard des Batignolles, rues de Constantinople et de Rome, boulevard Haussmann, rue Auber, place de l'Opéra, rue du 4-Septembre, place de la Bourse, rues Réaumur, de Turbigo et du Temple, place de la République, par-dessous le canal Saint-Martin, avenue de la République, avenue et place Gambetta.

La partie comprise entre la porte Maillot et la place de l'Étoile a été mise en exploitation en même temps que la ligne A dont elle fait maintenant partie. Par suite des dispositions prises pour l'exploitation, l'origine de la ligne C et de

(1) Sur le plan d'ensemble (pl. I), les parties déjà construites des lignes de ce réseau sont indiquées en noir et les autres en rouge.

(2) On remarquera que cette ligne a exactement le même tracé que celle préconisée pendant de longues années par M. Berlier, et généralement connue sous le nom de « tube Berlier ». Cette ligne a été incorporée dans le réseau métropolitain et M. Berlier a reçu de la Ville une allocation en dédommagement de ses études et travaux.

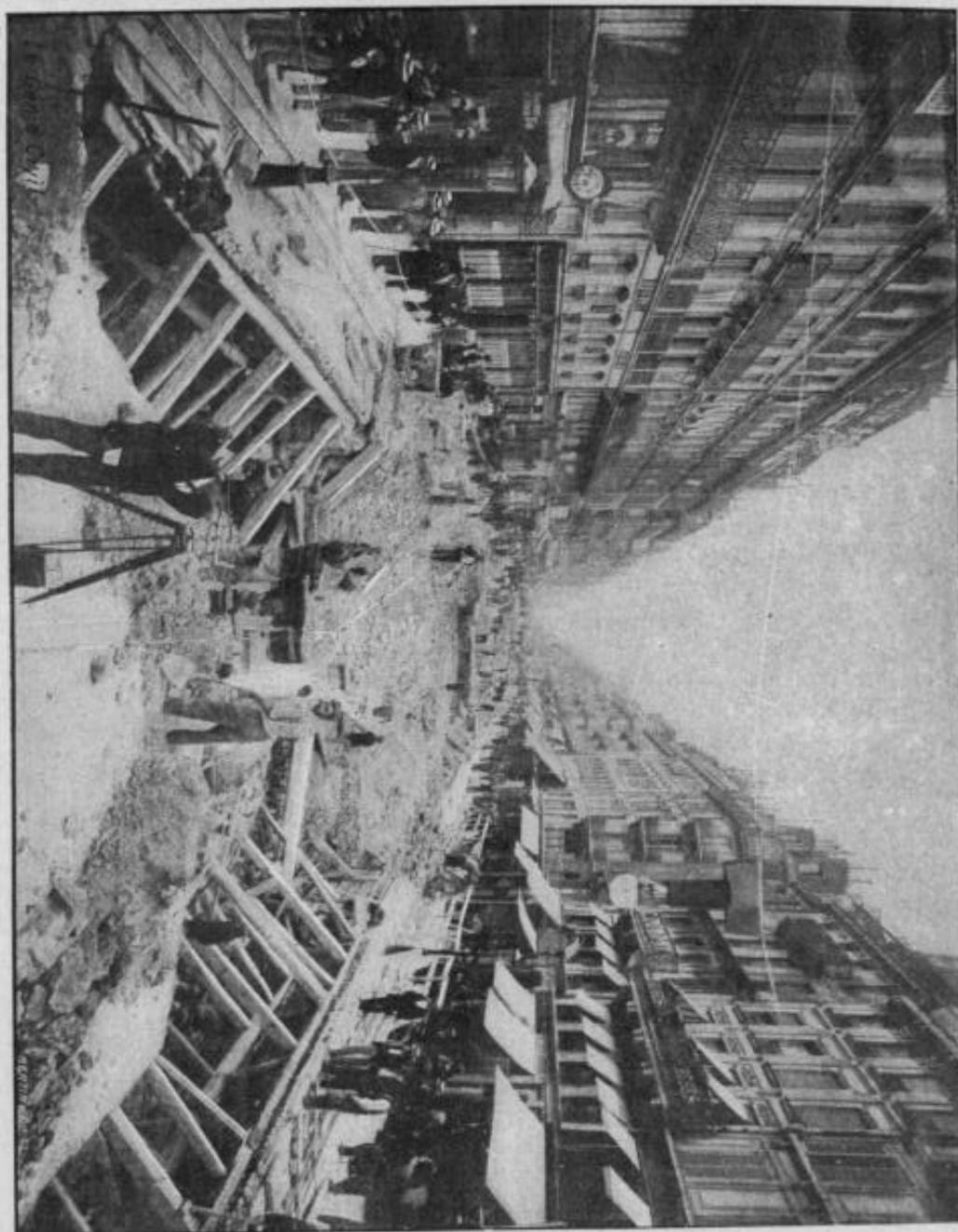


Fig. 7. — Construction des trottoirs de la station du Châtelet; vue prise le 28 juin 1899.

la ligne circulaire Nord sera en réalité à la porte Dauphine et non à la porte Maillot, tandis qu'au contraire ce dernier point est le terminus effectif de la ligne A substitué, comme on le voit, à celui de la porte Dauphine. Nous reviendrons plus loin sur cette substitution.

LIGNE D : *De la porte Clignancourt à la porte d'Orléans.* — Boulevards Ornano, Barbès, de Magenta, de Strasbourg et de Sébastopol, rue de Turbigo, Halles centrales, rue du Louvre, traversée de la Seine en tunnel un peu en amont du pont des Arts, direction de la rue de Rennes, boulevard Raspail, place Denfert-Rochereau où elle se raccorde avec la ligne circulaire, et enfin avenue d'Orléans jusqu'à la porte d'Orléans.

LIGNE E : *Du boulevard de Strasbourg au pont d'Austerlitz.* — Boulevard de Magenta, place de la République, boulevards Voltaire et Richard-Lenoir, place de la Bastille, boulevard de la Bastille et quai de la Rapée.

LIGNE F : *Du cours de Vincennes à la place d'Italie.* — Boulevards de Picpus, de Reuilly, de Bercy, pont de Bercy et boulevard de la Gare.

Un raccordement établi en viaduc sur le quai de la Rapée, entre les ponts de Bercy et d'Austerlitz, relie cette ligne à la ligne B.

Réseau projeté. — LIGNE H : *Du Palais-Royal à la place du Danube.* — Avenue de l'Opéra, rue Halévy, rue Lafayette, rue de Chabrol, rue de Strasbourg, faubourg Saint-Martin, rue Lafayette, passage sous le canal Saint-Martin, rue Secrétan, parc des Buttes-Chaumont, rue Botzaris et rue du Général-Brunet.

LIGNE I : *D'Auteuil à l'Opéra, par Grenelle.* — Boulevard Murat, rue Molière, rue Mirabeau, traversée de la Seine en souterrain un peu en aval du pont Mirabeau, rue Frémicourt projetée, rue du Commerce, avenue La Motte-Picquet, Invalides, seconde traversée de la Seine en souterrain un peu en amont du pont Alexandre III, place de la Concorde, rue Royale, boulevard de la Madeleine et boulevard des Capucines.

En définitive, le réseau métropolitain concédé comprend :

1° Deux lignes transversales Est-Ouest (lignes A et C), situées entièrement sur la rive droite de la Seine ;

2° Une ligne circulaire (ligne B) formant en quelque sorte un nouveau chemin de fer de ceinture beaucoup moins éloigné du centre de la ville que celui qui se développe actuellement à l'intérieur des fortifications ;

3° Une ligne transversale Nord-Sud (ligne D), traversant entièrement la Ville dans sa partie centrale ;

4° Une seconde ligne transversale Nord-Sud dans la partie orientale, formée par la ligne E et une partie de la ligne B ;

5° Enfin le raccordement, par la première partie de la ligne F, de cette seconde transversale à la place de la Nation, où passent les lignes A et B (1).

(1) Pour faciliter l'exploitation, la décomposition du réseau concédé en six lignes distinctes a été plus tard (en juin 1904) légèrement modifiée ainsi que nous l'expliquerons plus loin (voir pages 173 à 178).

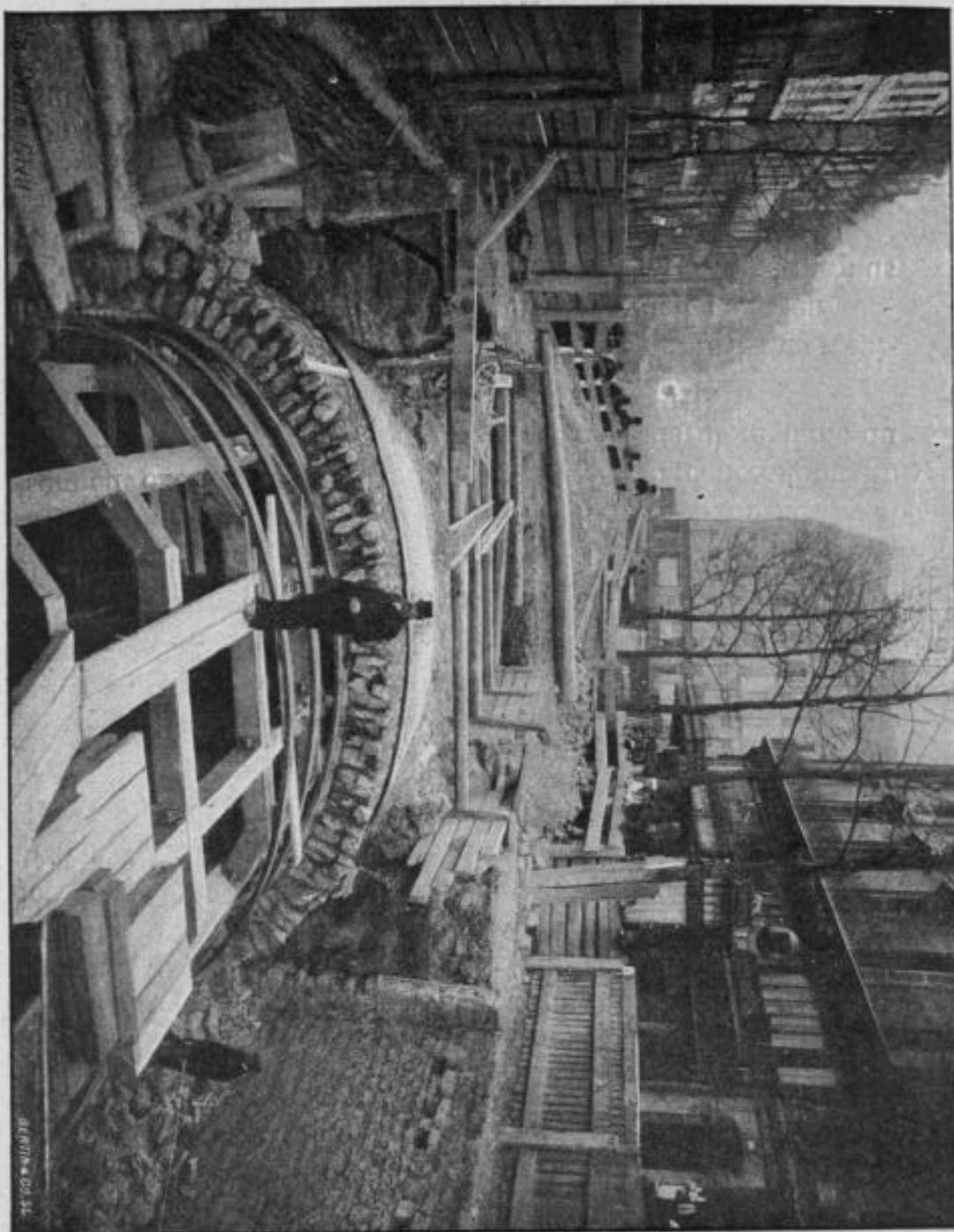


Fig. 8. — Mise en route du bouclier du 3^e lot allant vers la Bastille; vue prise le 16 mars 1899.

Quant aux deux lignes constituant le réseau non encore concédé, elles forment, abstraction faite du tronçon qui va du Palais-Royal à l'Opéra, une seule diagonale traversant Paris du sud-ouest au nord-est.

Il va sans dire que ces différentes lignes se raccordent entre elles aux divers points où elles se croisent, de sorte que d'un point quelconque du réseau on pourra aller en tout autre point sans quitter le Métropolitain, mais en changeant de train en certains endroits.

Les différentes lignes seront exécutées en suivant l'ordre alphabétique par lequel elles sont désignées. Cette construction se décomposera, au point de vue de la date de livraison au concessionnaire, date à partir de laquelle comptera la durée de 35 ans attribuée à la concession, en trois phases distinctes :

1^{re} Phase. — Construction des lignes A, B, C, soit un réseau de 42 kilomètres de longueur, qui devra être livré dans le délai maximum de huit ans après la date de la loi déclarative d'utilité publique, c'est-à-dire au plus tard le 30 mars 1906 ;

2^e Phase. — Construction des lignes D, E, F, dont la dernière partie devra être livrée cinq ans après le réseau ci-dessus, soit le 30 mars 1911 (1) ;

3^e Phase. — Enfin, dans le cas où les lignes éventuelles H et I seraient exécutées, elles devront être livrées au concessionnaire dans les cinq ans qui suivront la remise de la dernière ligne du réseau définitivement concédé, soit le 30 mars 1916.

On verra, à la fin de cette étude, que grâce aux brillants résultats donnés par la partie du Métropolitain actuellement en service, on se propose de pousser la construction du réseau plus activement que ne le comportent les délais ci-dessus.

CONDITIONS GÉNÉRALES DU TRACÉ.

On trouvera les principaux renseignements intéressants sur les profils adoptés pour la voie courante et les stations, les courbes et déclivités, etc., dans les chapitres de cette étude consacrés aux descriptions de la partie actuellement construite (pages 29 à 50) et de celle dont l'exécution se poursuit en ce moment (pages 136 à 171). Nous nous bornerons donc à donner ici quelques indications applicables à l'ensemble du réseau.

(1) Par les modifications signalées dans la note de la page 24, la ligne F est incorporée dans la ligne B et, par suite, dans la 1^{re} phase.

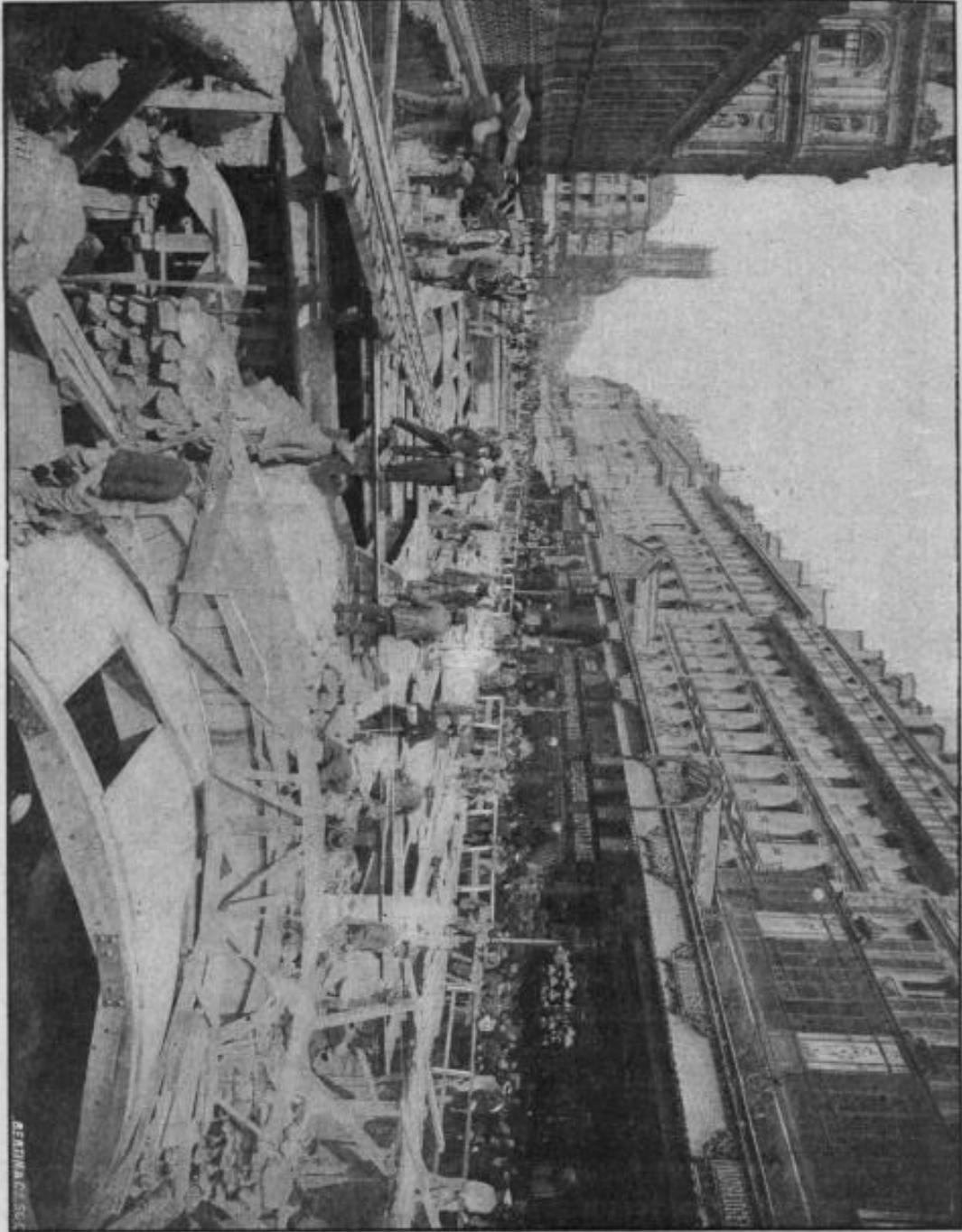


FIG. 9. — Construction du raccordement de la station à plancher métallique de l'Hôtel-de-Ville avec le souterrain; vue prise le 1^{er} juin 1899.

Les sujétions de toutes sortes que comporte le tracé ont naturellement conduit à réduire, autant que possible, les rayons des courbes. On a cherché à ne pas descendre au-dessous de 100 mètres; cependant, dans certains cas, on a dû réduire ce rayon à 75 mètres et même, sur un point spécial de la ligne A, aux abords de la place de la Bastille, on a dû adopter un rayon de 50 mètres. Les courbes de sens contraire sont d'ailleurs toujours séparées par un alignement droit d'au moins 50 mètres, excepté dans le cas spécial ci-dessus où la longueur de cet alignement est réduite à 33^m 50.

Le maximum admis pour les pentes et rampes est de 0^m 04 par mètre, et un palier d'au moins 50 mètres de longueur est toujours intercalé entre deux déclivités de sens contraire.

L'ensemble du réseau ne comporte aucune traversée à niveau; les différentes voies ne se croisent qu'en passant les unes au-dessus des autres.

Les stations sont toutes prévues en palier.

Ainsi que le montre l'examen de la planche I, les lignes sont le plus généralement établies en souterrain, quelquefois en tranchée ouverte et quelquefois même en viaduc. Voici, pour le réseau définitivement concédé, les proportions relatives de ces divers modes d'établissement de la voie :

Souterrain	0.701	} 1.000
Viaduc.	0.163	
Tranchée.	0.136	

La voie sera constituée par des rails Vignole en acier, de 52 kilogr. par mètre courant et de 15 mètres de longueur.

Enfin, la traction se fera par l'électricité, et l'exploitation aura lieu par trains de faibles longueurs, se succédant à des intervalles très rapprochés et pouvant atteindre une vitesse maximum de 36 kilomètres à l'heure.

Il serait prématuré de donner des indications plus précises pour l'ensemble du réseau. Disons seulement que les conditions d'établissement de la voie, des stations et du matériel d'exploitation seront semblables à celles adoptées pour la fraction du réseau actuellement exécutée et que nous allons maintenant décrire, à moins toutefois que l'expérience ne suggère quelques modifications utiles à y apporter.

LIGNES ACTUELLEMENT EXÉCUTÉES

Description de la voie.

TRACÉ.

Nous avons dit que le Métropolitain serait construit en trois réseaux successifs et que le premier réseau à construire comprenait les lignes A, B et C, soit une longueur totale de 42 kilomètres.

La partie actuellement exécutée (fig. 10) n'est qu'une fraction de ce réseau ; elle ne comprend en entier que la ligne A, et, de plus, la fraction de la ligne B qui va de la place de l'Étoile au Trocadéro, et la fraction de la ligne C qui va de la place de l'Étoile à la porte Maillot, soit en tout une longueur de 14 kilomètres.

Une étude plus approfondie des conditions de l'exploitation a conduit à modifier sensiblement les dispositions primitivement adoptées et indiquées ci-dessus :

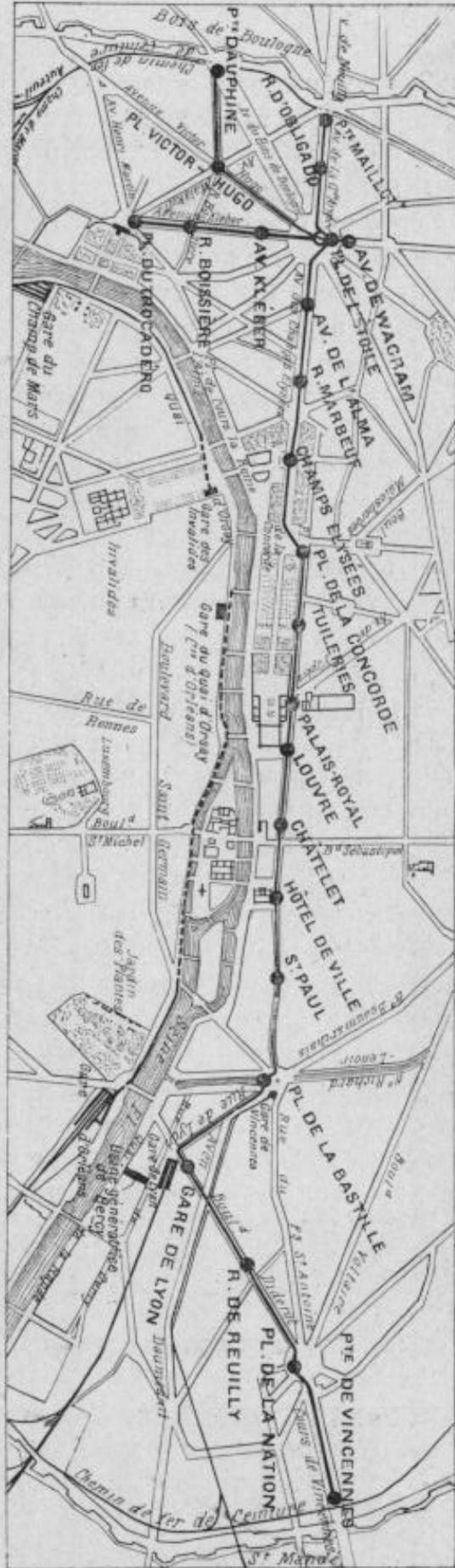
La ligne directe A, partant de la porte de Vincennes et traversant Paris suivant la rue de Rivoli et les Champs-Élysées, au lieu d'aboutir à la porte Dauphine, aura son extrémité à la porte Maillot, en empruntant à cet effet, à partir de la place de l'Étoile, la partie correspondante de la ligne C (fig. 11 et 12).

Par contre, la fraction ainsi abandonnée de la ligne A, entre la porte Dauphine et la place de l'Étoile, formera plus tard l'origine de la ligne B (branche Nord). Partant de l'extrémité de l'avenue de Wagram, cette ligne traverse la place de l'Étoile, en passant par-dessous la ligne Vincennes - Porte Maillot, et s'engage sous l'avenue Victor-Hugo, puis sous l'avenue Bugeaud, jusqu'à l'avenue du Bois-de-Boulogne, à l'extrémité de laquelle elle se termine, près du Chemin de fer de Ceinture.

Quant au tronçon de la ligne circulaire B, qui se dirige vers le sud, c'est-à-dire vers le Trocadéro, il forme, sous la place de l'Étoile, une boucle en forme de cœur, ou plutôt de poire, dont la base est au nord, au débouché des avenues Hoche, Wagram et Mac-Mahon, et dont la pointe se trouve au débouché de l'avenue Kléber. Cette ligne comporte, sous la place de l'Étoile, une station juxtaposée à celle de la ligne Vincennes-Porte-Maillot (fig. 12 et 13) et communiquant avec elle par des ouvertures ménagées dans le piédroit commun aux deux voûtes.

La construction immédiate de ce tronçon de ligne a été exécutée,

Fig. 10. — Plan général de la fraction du Métropolitain livrée à l'exploitation.



à la demande du ministre du Commerce, en vue de desservir l'Exposition ; le restant de la ligne B est, comme nous le verrons plus loin, actuellement en construction ou sur le point d'être mis en adjudication.

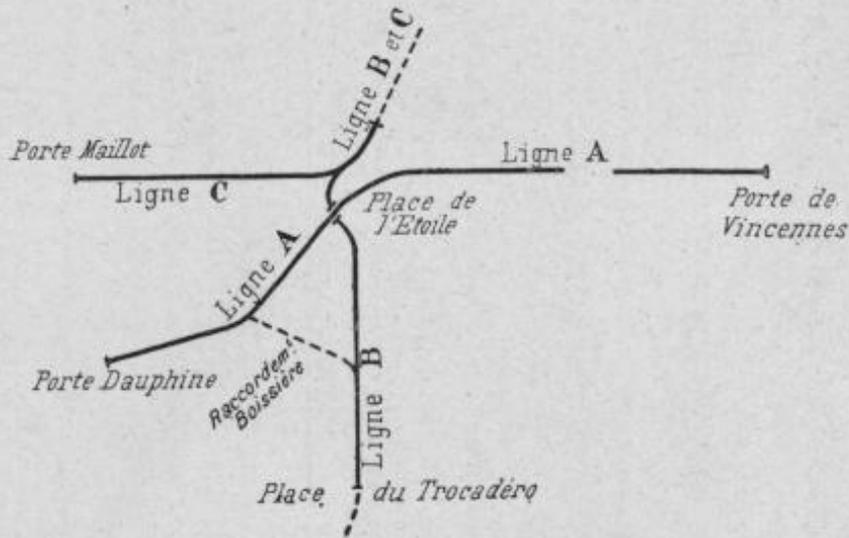


FIG. 11. — Disposition primitive des voies sous la place de l'Étoile.

Grâce à l'embranchement Étoile-Trocadéro et aux stations de la place de la Concorde et des Champs-Élysées, la partie du Métro-

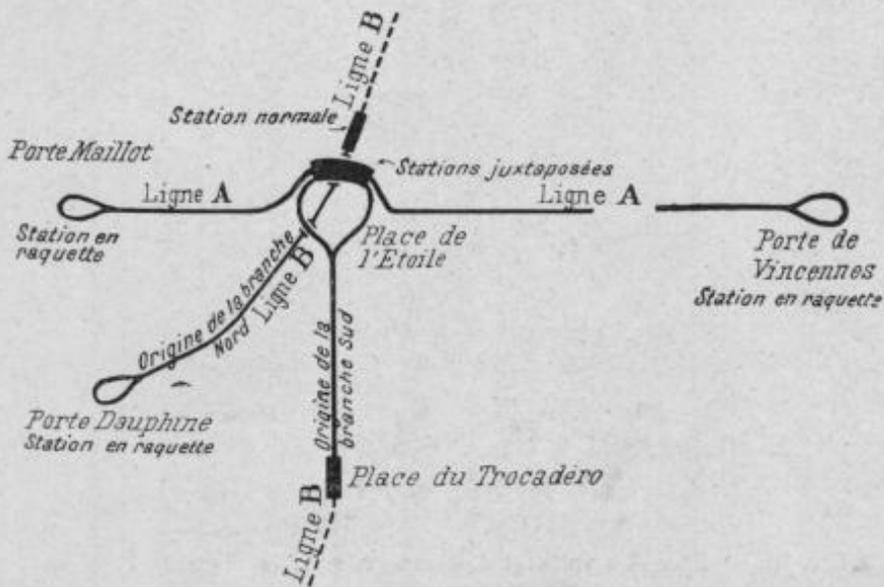


FIG. 12. — Disposition définitive des voies sous la place de l'Étoile.

politain actuellement construite a pu apporter un appoint sérieux, mais malheureusement bien tardif aux moyens d'accès à l'Expo-

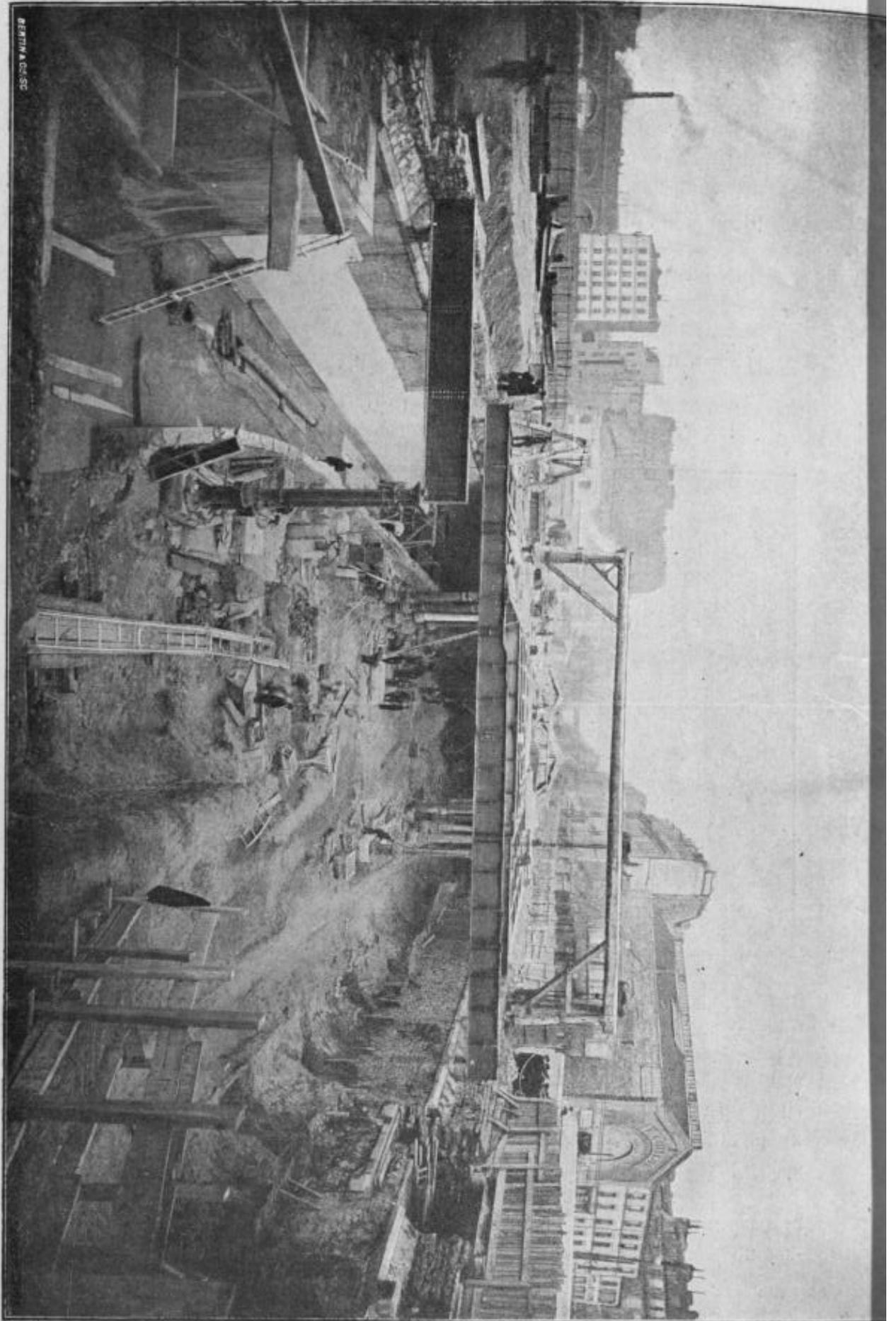


Fig. 14. — Construction de la station double de la Gare de Lyon; vue prise le 2 mars 1900.

sition. On sait en effet que la ligne principale n'a été mise en service que le 19 juillet et l'embranchement Étoile-Trocadéro le 2 octobre 1900.

La ligne Vincennes-Étoile et prolongements traversant Paris dans sa partie la plus mouvementée et aboutissant aux deux grands parcs de la Ville, le bois de Vincennes et le bois de Boulogne, il n'est pas douteux qu'elle rendra de grands services à la population parisienne. Nous verrons plus loin que les résultats déjà obtenus par l'exploitation accusent un trafic qui dépasse les prévisions les plus optimistes.

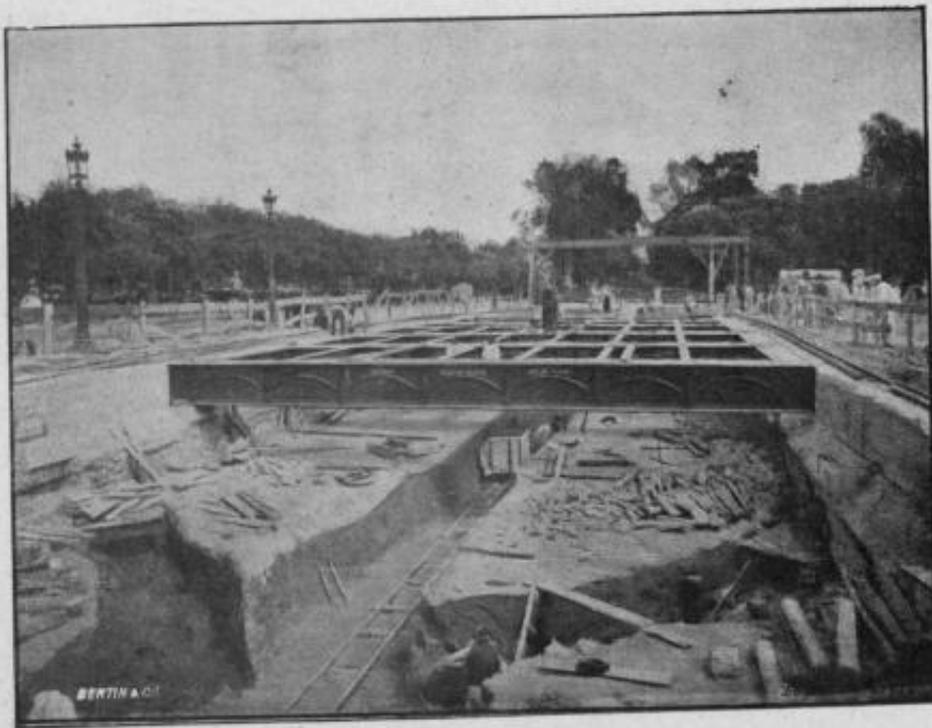


FIG. 15. — Construction de la station des Champs-Élysées; vue prise le 18 juin 1899.

Le raccordement du Métropolitain avec le Chemin de fer de Ceinture, qui n'est éloigné que d'une quinzaine de mètres des stations Porte Maillot et Porte Dauphine, serait assez difficile à réaliser à ces deux stations, quoique la différence de niveau entre les rails des deux réseaux ne soit que de $0^m 79$ à la première et de $2^m 03$ à la seconde. Par contre, bien que cette différence de niveau atteigne $12^m 50$ à la Porte de Vincennes, le raccordement en ce point serait cependant relativement facile. Il ne saurait d'ailleurs être question, pour le moment du moins, de songer à ces divers raccordements du Métropolitain à la Ceinture, mais il serait facile

d'établir pour les voyageurs des communications aisées entre les gares respectives des deux chemins de fer.

PROFILS EN LONG.

Ainsi que le montrent les profils en long (fig. 1, 2 et 3, pl. II), les trajets de la ligne et des tronçons de ligne déjà exécutés sont entièrement en souterrain. Seul, le passage du canal Saint-Martin, près de la place de la Bastille, est effectué en viaduc et à ciel ouvert.

En général, le souterrain est à une faible profondeur au-



FIG. 16. — Construction des passerelles et escaliers de la station de la Porte Maillot; vue prise le 4 avril 1900.

dessous de la chaussée, mais la traversée en dessous du collecteur du boulevard de Sébastopol et de celui d'Asnières (place de la Concorde) a nécessité, en ces points, son enfoncement à une assez grande profondeur. On a ainsi été amené à faire usage des pentes et rampes maxima prévues, soit de 0^m 04 par mètre; de même au passage par-dessus le canal Saint-Martin.

D'autre part, l'embranchement Étoile-Porte Dauphine passant, comme nous l'avons dit, sous les voies des lignes Vincennes-Porte Maillot et Étoile-Trocadéro, la traversée de la place de l'Étoile par cet embranchement se fait également à une assez

grande profondeur (16 mètres de différence de niveau entre le sol de la chaussée et le niveau des rails); cependant on a pu se dispenser ici de recourir à de très fortes déclivités pour ramener le souterrain à une faible profondeur sous l'avenue Victor-Hugo.

SOUTERRAINS EN VOIE COURANTE.

Le réseau métropolitain est à double voie sur toutes les parties normales, et il n'est fait usage de souterrains à simple voie que dans les raccordements des lignes entre elles et dans les boucles des stations terminales.



FIG. 17. — Construction de la station de l'Hôtel-de-Ville; vue prise le 11 juillet 1899.

Souterrains à deux voies. — En voie courante, le type courant de souterrain à deux voies est constitué (fig. 4, pl. II) par une voûte elliptique de 7^m10 d'ouverture, 2^m07 de montée et 0^m53 d'épaisseur à la clef, supportée par des piédroits de 0^m73 d'épaisseur et 2^m91 de hauteur, réunis à la base par un radier en forme de voûte renversée de 0^m50 d'épaisseur, dont le point le plus bas est à 0^m70 au-dessous du niveau des rails, ce qui porte à 5^m20 la hauteur totale dans l'axe de l'ouvrage.

Des niches de 2 mètres de hauteur au-dessus du rail, 1^m50 de

largeur et 0^m70 de profondeur moyenne ont été ménagées dans les piédroits. Ces niches sont disposées en quinconce sur les deux côtés du souterrain et espacées de 25 mètres d'axe en axe.

L'intérieur du souterrain est revêtu d'un enduit continu de 0^m02 d'épaisseur, en mortier de ciment de Wassy pour la voûte et en mortier de ciment de Portland pour les piédroits et le radier.

Dans les courbes de rayon inférieur à 100 mètres, le type de souterrain ainsi défini a dû être élargi, et l'ouverture de la voûte a été portée à 7^m30 pour les parties en courbes de 75 mètres de



FIG. 18. — Construction du souterrain des Champs-Élysées, au droit de la rue Berri ; vue prise le 13 septembre 1899.

rayon et à 7^m46 pour les parties dans lesquelles le rayon a été réduit à 50 mètres (fig. 5 et 6, pl. II).

Souterrains à voie unique. — Le profil adopté pour les souterrains à une seule voie est constitué (fig. 7, pl. II) par une voûte en plein-cintre de 2^m15 de rayon et de 0^m50 d'épaisseur à la clef, reposant sur des piédroits de 4^m30 d'écartement. La hauteur de ces piédroits est de 2^m52 , leur épaisseur est de 0^m60 , et ils sont réunis à la base par un radier à surface convexe dont l'é-

paisseur sur l'axe est de 0^m 475 et un peu plus faible aux extrémités.

Dans les courbes de 30 mètres de rayon, le profil ci-dessus a été légèrement modifié pour faciliter l'inscription des véhicules, comme on peut le voir sur la figure 8 (pl. II).

VOIE COURANTE.

Ainsi que nous l'avons déjà signalé, la voie est constituée par des rails Vignole en acier, de 52 kilogr. par mètre courant et de 15 mètres de longueur, posés à écartement intérieur de 1^m 44 sur des traverses en bois créosoté. Les principales dimensions de ces rails, dont la coupe est donnée sur la figure 10 (pl. II), sont :

Hauteur du rail	0 ^m 150
Largeur du champignon	0 ^m 065
Largeur du patin	0 ^m 150
Épaisseur de l'âme.	0 ^m 016

Les rails sont posés à joints alternés et soutenus, et chacun d'eux repose sur seize traverses, ayant en général 2^m 20 de longueur, espacées de 0^m 985, à l'exception des traverses contre-joints qui ne sont distantes que de 0^m 740 (fig. 9, pl. II).

Tous les 3 mètres, des traverses de 2^m 50 supportent, par l'intermédiaire d'isolateurs, les rails conducteurs amenant le courant électrique aux voitures. Ce conducteur placé dans l'entrevoie, à 0^m 33 du rail intérieur, repose sur les traverses au moyen de coussinets isolants du type Blackwell; il est formé de rails à double champignon, du poids de 38^{kg} 75 par mètre courant.

Le retour du courant se fait par les rails de la voie qui, à cet effet, sont reliés électriquement entre eux, à chaque joint, par quatre conducteurs en cuivre rouge de 0^m 015 de diamètre.

Les rails reposent sur les traverses par l'intermédiaire de plaques d'appui de 0^m 242 de longueur, 0^m 130 de largeur et 0^m 014 d'épaisseur. Chaque rail est relié à la traverse par trois tire-fonds de 0^m 016 de diamètre et 0^m 160 de longueur.

Quant aux éclisses, qui ont 0^m 600 de longueur et 0^m 022 d'épaisseur, elles sont maintenues par quatre boulons de 0^m 025 de diamètre (fig. 10, pl. II).

Le ballast est répandu à raison de 2^m 60 par mètre courant de souterrain et son épaisseur varie de 0^m 58 à 0^m 17. Les traverses font saillie de 0^m 04 sur le ballast.

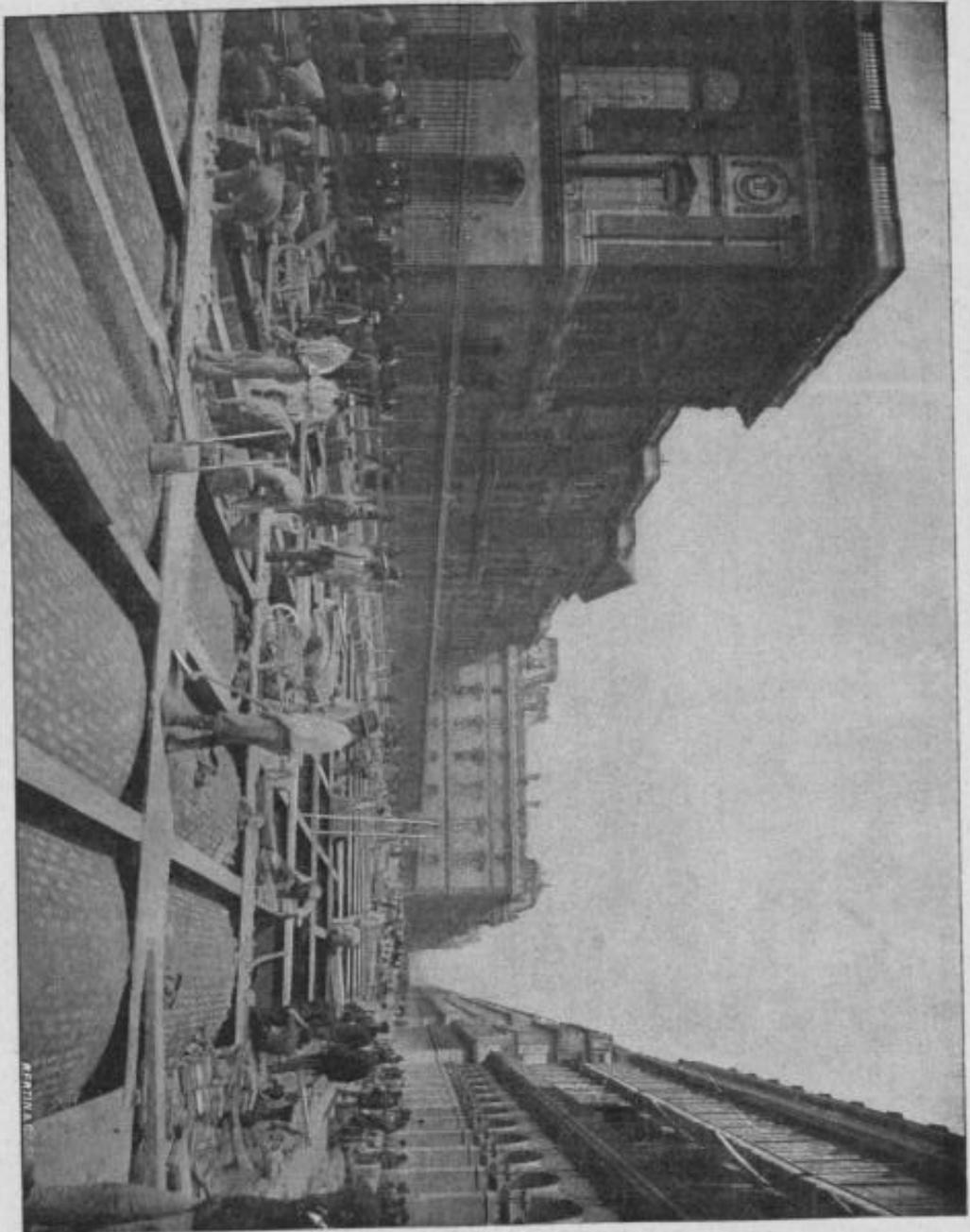


Fig. 19. — Construction du plancher métallique de la station du Louvre; vue prise le 1^{er} juin 1899.

STATIONS.

Les stations de la partie du Métropolitain actuellement construite sont au nombre de 25, ainsi réparties :

Ligne de la Porte de Vincennes à la Porte Maillot	18
Embranchement de la Place de l'Étoile à la Porte Dauphine	3
— — — — — au Trocadéro	4
TOTAL	<u>25</u>

Toutefois ce nombre se réduit à 23 si l'on remarque que les trois stations de la place de l'Étoile ne forment en réalité qu'une seule station composée de trois parties distinctes.

Ces diverses stations ont été établies suivant cinq types différents selon les circonstances locales :

1° Partout où cela a été possible, on a construit des *stations voûtées* (fig. 1 à 5, pl. III), c'est-à-dire dont le plafond est constitué par une voûte très surbaissée ;

2° Dans les parties où cette disposition aurait conduit à placer les rails au-dessous de la nappe aquifère, on a réduit la hauteur entre les rails et le niveau de la chaussée en construisant des stations à plancher métallique (fig. 6 à 12, pl. III) ;

3° Les *stations terminus*, au nombre de trois (fig. 21, 22 et 23), comportent chacune deux stations voûtées distinctes, destinées l'une au départ et l'autre à l'arrivée, et réunies par une galerie circulaire à une seule voie, ce qui leur a fait donner le nom de *stations en raquette* ;

4° La station de la Gare de Lyon est une *station double* qui servira plus tard à la ligne circulaire en même temps qu'à la ligne Porte de Vincennes-Porte Maillot ; c'est une station à plancher métallique (fig. 24) ;

5° Enfin la station de la Bastille, sur le canal Saint-Martin, est une *station à ciel ouvert*, la seule de ce genre dans la partie du Métropolitain actuellement construite (fig. 5, 6 et 25).

En comptant, comme nous l'avons fait plus haut, 25 stations, il y a une station à ciel ouvert, 7 stations à plancher métallique et 17 stations voûtées.

Le tableau ci-après indique les noms de ces diverses stations, les types auxquels elles appartiennent et les distances qui existent entre elles. Quant à leurs emplacements, ils ne sont que schéma-

tiquement indiqués sur la figure 10, mais ils le sont avec assez de précision sur la planche I.

TABLEAU DES STATIONS DE LA PARTIE TERMINÉE DU MÉTROPOLITAIN.

NOMS DES STATIONS	TYPES DES STATIONS	DISTANCES
		mètres
<i>1^o Ligne de Vincennes à la porte Maillot.</i>		
Porte de Vincennes	Voûtée.	881,16
Place de la Nation	—	824,08
Reuilly	—	824,28
Gare de Lyon	Plancher métallique.	889,60
Place de la Bastille	A ciel ouvert.	761,48
Saint-Paul	Voûtée.	591,90
Hôtel-de-Ville	Plancher métallique.	570,03
Châtelet	Voûtée.	456,61
Louvre	Plancher métallique.	356,58
Palais-Royal	—	515,40
Tuileries	—	426,81
Concorde	—	810,03
Champs-Élysées	—	548,09
Rue Marbeuf	Voûtée.	550,14
Avenue de l'Alma	—	493,19
Place de l'Étoile	—	444,35
Rue d'Obligado	—	384,61
Porte Maillot	—	
<i>2^o Embranchement de la place de l'Étoile à la porte Dauphine.</i>		
Place de l'Étoile	Voûtée.	961,04
Place Victor-Hugo	—	612,84
Porte Dauphine	—	
<i>3^o Embranchement de la place de l'Étoile au Trocadéro.</i>		
Place de l'Étoile	Voûtée.	488,85
Avenue Kléber	—	488,85
Rue Boissière	—	450,30
Place du Trocadéro	—	

Ajoutons enfin, avant de donner la description de chaque type; que, à part quelques cas spéciaux, toutes ces stations comportent des quais de 4^m 10 de largeur et de 75 mètres de longueur.

Dans les stations voûtées, la largeur maximum atteint 14^m 14,

tandis que dans celles à plancher métallique, elle est réduite à 13^m 50.

Stations voûtées. — Les stations voûtées (fig. 1 à 5, pl. III) sont formées par une voûte elliptique de 14^m 14 d'ouverture et de 3^m 50 de montée, se raccordant aux naissances avec une voûte renversée également elliptique qui constitue le radier et dont le demi-petit axe a 2^m 20, ce qui donne une hauteur libre de 5^m 70 entre les deux clefs de voûte. Les épaisseurs à la clef sont de 0^m 70 pour la

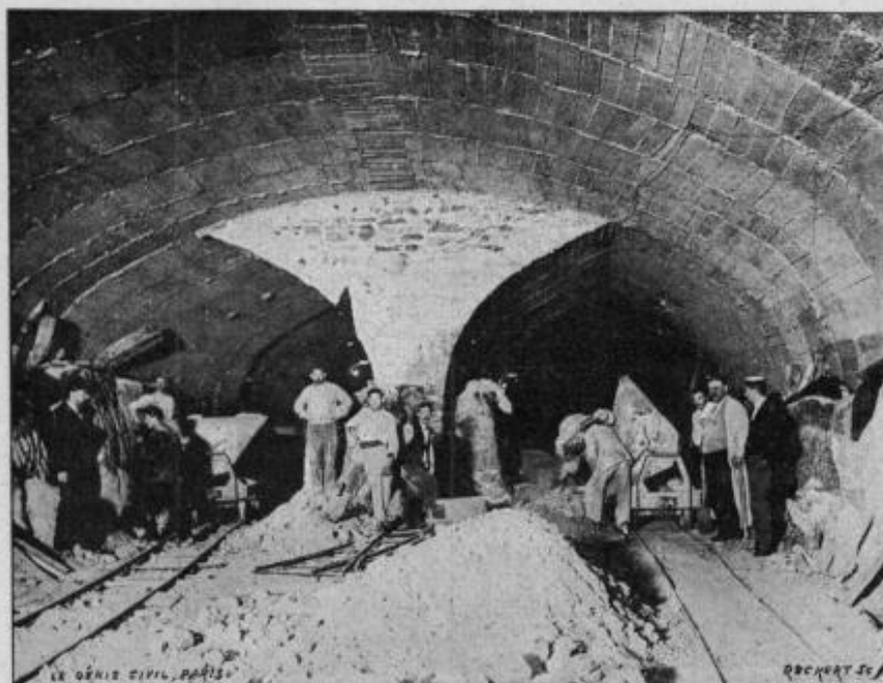


FIG. 20. — Bifurcation des galeries de la station de la Porte Maillot ;
vue prise le 8 septembre 1899.

voûte supérieure et de 0^m 50 pour la voûte inférieure ; l'épaisseur commune aux naissances est de 2 mètres.

La voûte formant radier est revêtue d'un enduit en ciment de Portland de 0^m 02 d'épaisseur, tandis que la voûte supérieure est revêtue de briques émaillées ou de plaques d'opaline qui reflètent bien la lumière et constituent un décor gai et hygiénique.

Les quais à voyageurs ont 4^m 10 de largeur et leur hauteur au-dessus du rail est de 0^m 85, ce qui les place à environ 0^m 25 au-dessous du plancher des voitures et rend très facile l'accès de ces dernières.

Ces quais sont supportés par des voûtelettes en briques repo-

sant sur de petits murs établis sur le radier perpendiculairement aux voies et distants de 2^m 10, d'axe en axe. Sur ces voûtelettes

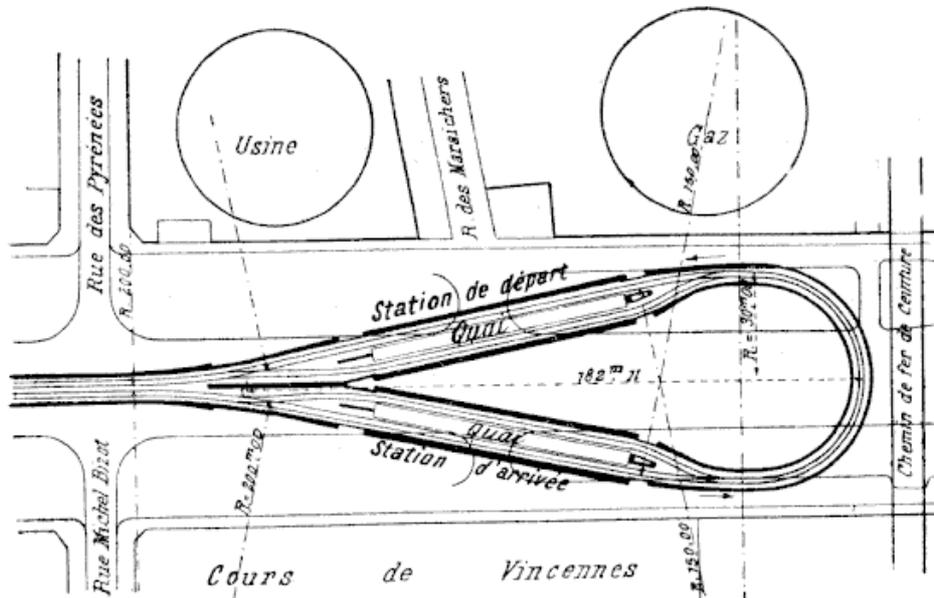


FIG. 21. — Plan de la station terminus de la Porte de Vincennes.

se trouve un remplissage en béton revêtu d'une couche de bitume de 0^m 015 d'épaisseur.

Le quai est limité par une bordure en granit de 0^m 18 de hauteur, portée par une murette parallèle aux voies.

On a employé des planchers en ciment armé pour constituer

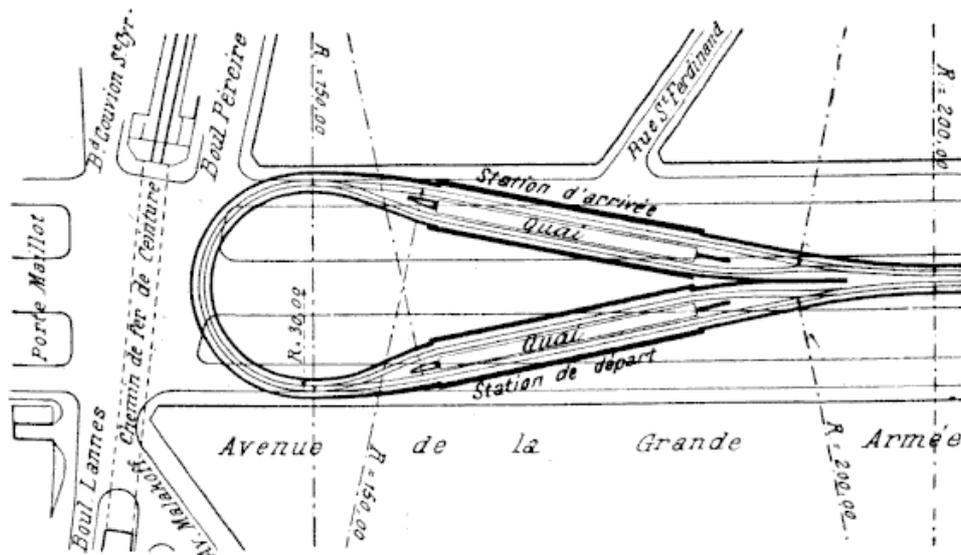


FIG. 22. — Plan de la station terminus de la Porte Maillot.

les quais des stations terminus, des stations supérieures de l'Étoile et de la Gare de Lyon, parce que dans ces stations les quais sont en encorbellement notable au-dessus des voies.

se séparent, en obliquant chacune sur l'axe commun, et s'engagent dans des souterrains constituant, après un certain parcours, l'un la station d'arrivée et l'autre celle de départ. Ces deux souterrains sont reliés entre eux par un autre souterrain fermant la boucle ainsi ouverte et tracé suivant une courbe de 30 mètres de rayon, qui se raccorde tangentielllement avec les deux branches de la raquette. L'emploi de ces courbes d'un rayon aussi réduit ne présente d'ailleurs pas d'inconvénient, par suite de la faible vitesse avec laquelle doivent y circuler les trains.

Ces stations sont établies d'après un profil voûté, analogue à celui des stations courantes, mais un peu plus réduit. L'ouverture des voûtes n'est que de 11^m 686 et leur montée de 3 mètres.

Station double de la Gare de Lyon. — Cette station sera commune aux lignes A et B qui, depuis la place de la Nation, empruntent ensemble le boulevard Diderot jusqu'au carrefour de la rue de

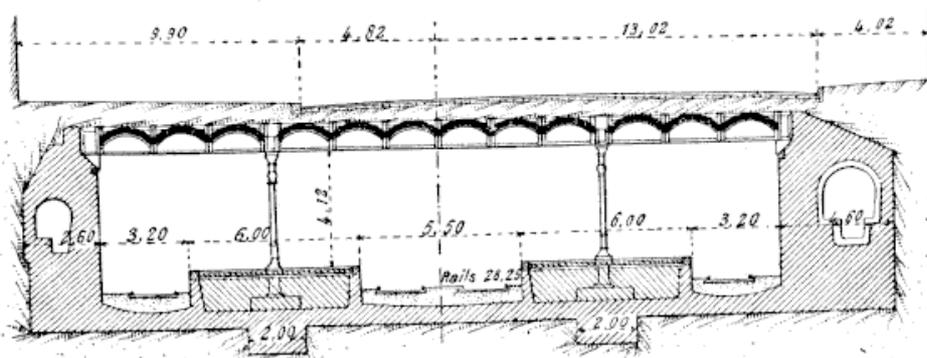


FIG. 24. — Coupe transversale de la station double de la Gare de Lyon.

Lyon, où elles se séparent. La disposition des voies et des quais de cette station (fig. 5, 24 et 48) est analogue à celle adoptée dans les voies du Chemin de fer de Ceinture, entre Courcelles et Passy, à la suite de l'adjonction de la nouvelle ligne de Courcelles-Champ-de-Mars. Elle a été ainsi aménagée en vue de faciliter les échanges de voyageurs entre les deux lignes précitées.

La largeur totale entre piédroits de la station de la Gare de Lyon est de 23^m 90 et sa longueur de 100 mètres. Les poutres maîtresses du plancher métallique qui la recouvre reposent à leurs extrémités sur les piédroits en maçonnerie et sont supportées dans leur partie intermédiaire par deux files de colonnes métalliques placées dans l'axe des quais (fig. 14 et 24).

Station de la Bastille. — Le passage du canal Saint-Martin par la ligne métropolitaine se fait en viaduc et il a entraîné un élargissement de 40 mètres de la place de la Bastille, largeur qui a été prise sur le bassin de l' Arsenal (fig. 25).

Cette station a pu être établie à ciel ouvert et c'est la seule de ce genre dans toute la fraction du Métropolitain actuellement construite.

Accès des stations courantes. — Dans les deux types courants de stations que nous venons de décrire, l'accès des quais à voyageurs se fait par un escalier de 3 mètres à 3^m 50 de largeur, partant de la voie publique et aboutissant d'abord à une salle sou-

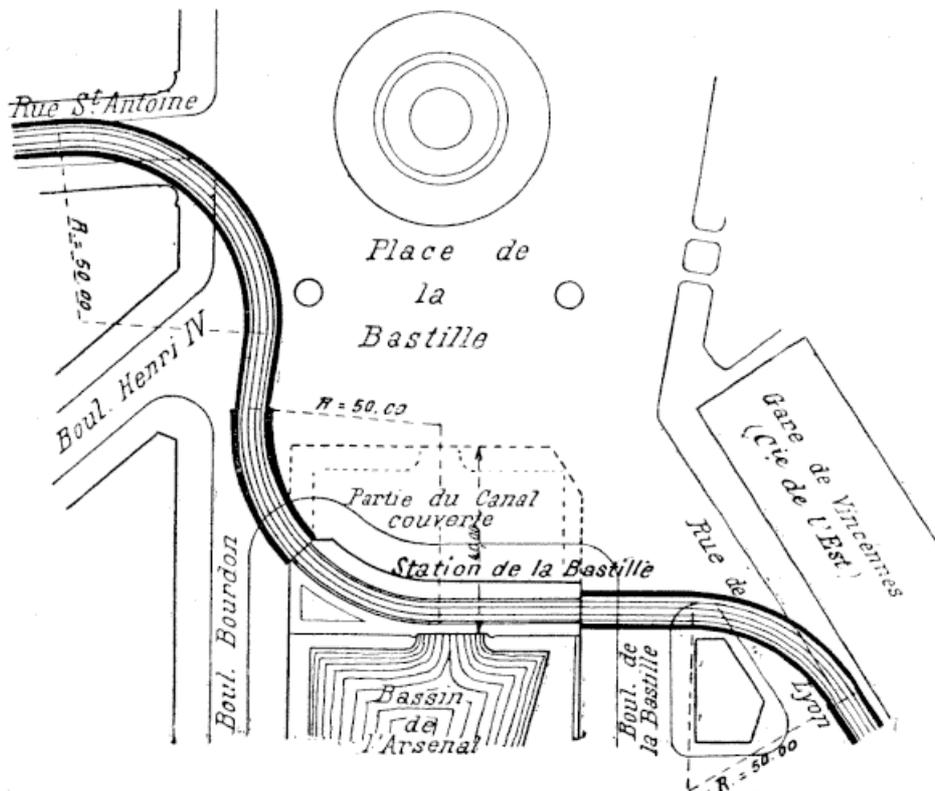


FIG. 25. — Plan des abords de la station de la Place de la Bastille.

teraine, dans laquelle se trouvent les guichets pour la distribution des billets (fig. 80 du texte et fig. 1, 2, 3, 6, 7 et 8 pl. III).

A côté de ces guichets se trouve une bibliothèque dont le titulaire est tenu de faire gratuitement le change de la monnaie, les guichets pouvant exiger les prix exacts des places.

De cette salle, les voyageurs descendent, par un autre escalier de 2^m 65 à 3 mètres de largeur, directement sur le quai, si ce

quai se trouve du même côté que la salle par rapport aux voies, ou bien traversent les voies sur une passerelle qui les amène devant un autre escalier aboutissant au quai opposé. Ces passerelles et ces escaliers sont représentés sur les figures 2, 7 et 9 (pl. III).

Il faut remarquer à ce sujet que, contrairement à ce qui a lieu habituellement dans les chemins de fer, les trains du Métropolitain circulent de telle sorte qu'ils s'éloignent sur la voie de droite et se rapprochent sur la voie de gauche, et cela quels que soient le point et la direction envisagés. Il en résulte que les quais

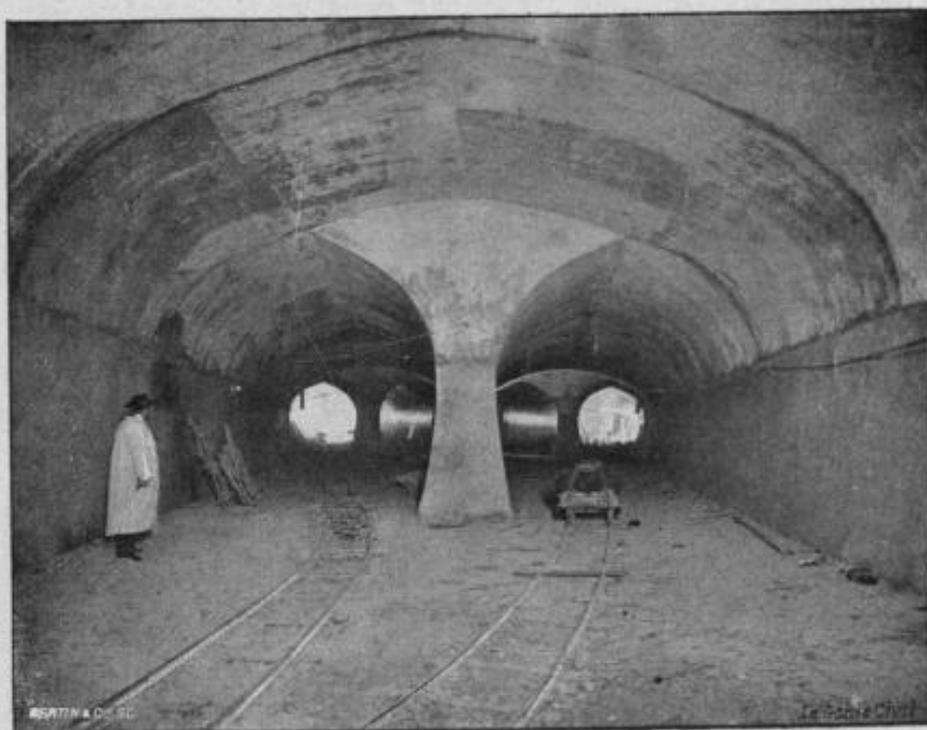


FIG. 26. — Bifurcation des galeries de la station de la Porte Maillot; vue prise le 24 février 1900.

donnant accès à un train sont placés à la droite de ce dernier, au lieu d'être à gauche comme dans les chemins de fer ordinaires. On pourrait craindre que cette méthode d'exploitation ne soit de nature à dérouter le public, mais cela est cependant peu probable car c'est, en somme, de cette manière que les tramways sont généralement exploités.

En général, les escaliers débouchent sur les quais dans les murs pignons (fig. 10, pl. III), mais quelquefois ils y aboutissent par une pénétration à travers les culées (fig. 5, pl. III).

Les stations terminus ou en raquette, composées de deux

parties indépendantes, sont naturellement desservies par deux accès indépendants, l'un pour le départ et l'autre pour l'arrivée, situés chacun au-dessus de l'une des branches de la raquette.

Dans les stations du centre, c'est-à-dire depuis l'Hôtel de Ville jusqu'à la station de l'avenue de l'Alma et dans celles situées sur l'avenue Kléber et la place Victor-Hugo, l'accès de l'escalier, béant dans les trottoirs ou les refuges de la voie publique, est simplement entouré d'un garde-corps en fer ou quelquefois recouvert d'une toiture (fig. 73 à 81).

Dans les autres et en particulier dans les stations terminus,

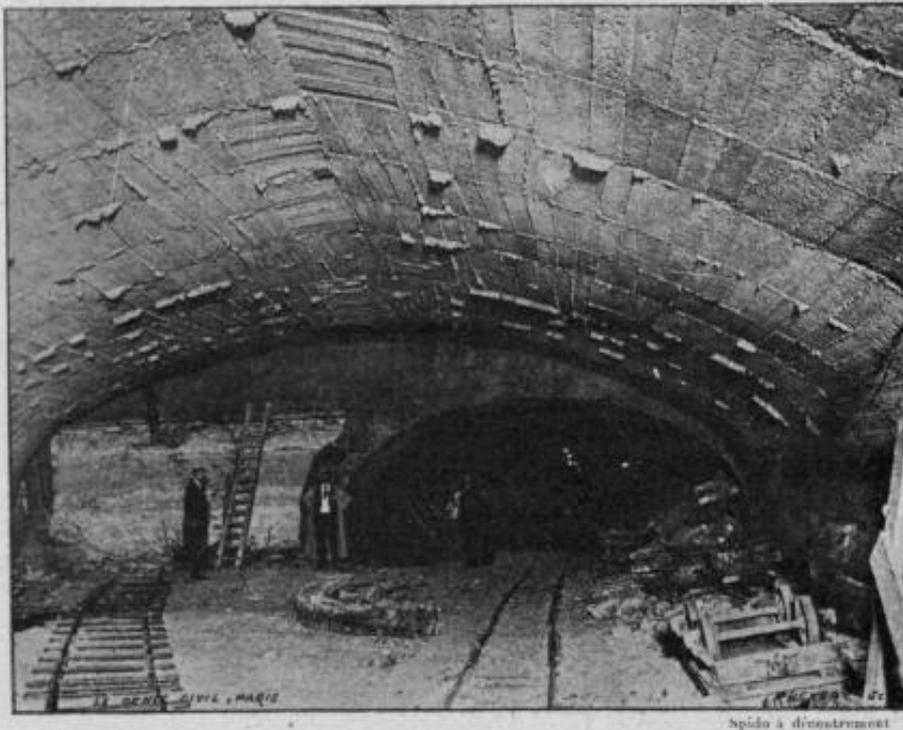


FIG. 27. — Ouvrages de raccordement des 8^e et 11^e lots ;
vue prise le 8 septembre 1899.

chacun des escaliers d'accès est recouvert, à son débouché sur le sol, par un véritable petit édicule (fig. 73).

Ces entourages et ces édicules ont été spécialement étudiés par M. Guimard, architecte.

La figure 76 montre l'entourage de l'escalier de la station du Palais-Royal, au moment où on vient de le peindre et où il est, par suite, encore entouré lui-même d'une barrière en fils de fer.

A la station de la Porte de Vincennes, les accès sont situés chacun sur l'un des plateaux plantés du cours de Vincennes ; celui du côté Nord est réservé au départ et celui du côté Sud à l'arrivée

A la station de la Porte Maillot, l'accès situé du côté Nord (fig. 73) est destiné à l'arrivée et celui du côté Sud au départ.

Il en est de même à la station de la Porte Dauphine.

On étudie actuellement le moyen d'établir des communications directes entre ces deux dernières stations du Métropolitain et les

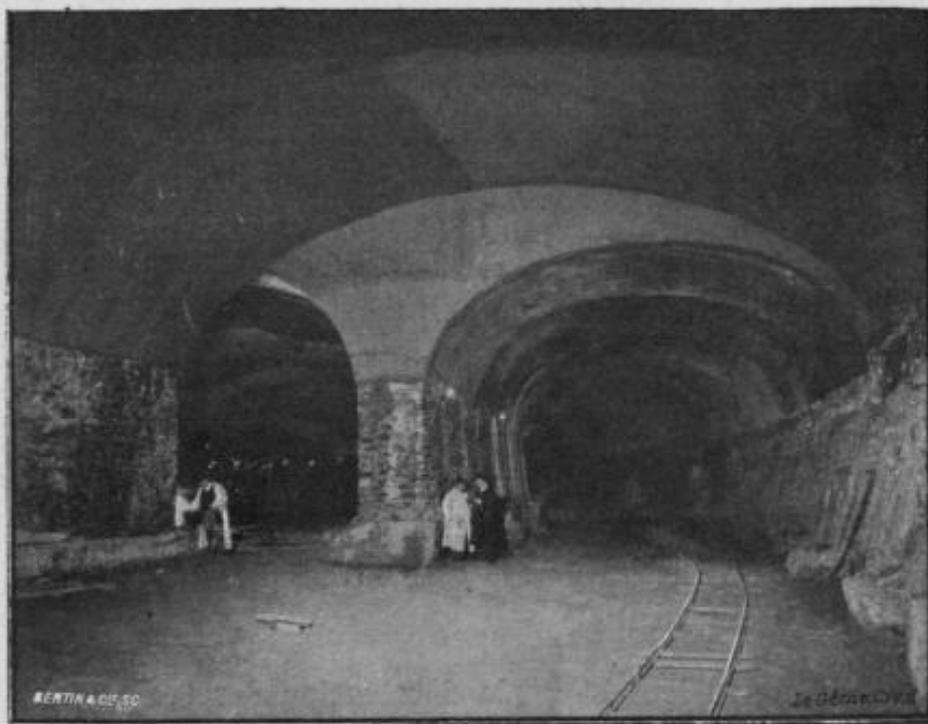


FIG. 28. — Ouvrages de raccordement des 8^e et 11^e lots ;
vue prise le 19 février 1900.

stations correspondantes du Chemin de fer de Ceinture. Il ne s'agit d'ailleurs, quant à présent, que d'un raccordement entre les quais et non de relier les voies entre elles.

A la station de la Place de l'Étoile, le même accès (fig. 74) sert pour les trois stations qui se trouvent en ce point. Il est situé sur le plateau compris entre l'avenue de Wagram et l'avenue Mac-Mahon et comprend un escalier et un ascenseur, ce dernier étant spécialement affecté à la station inférieure (Étoile-Porte Dauphine).

ÉCLAIRAGE DU SOUTERRAIN ET DES STATIONS.

Non seulement les voitures sont elles-mêmes brillamment éclairées, ainsi que nous le verrons plus loin, mais le souterrain entier est également éclairé par des lampes à incandescence fixées à la voûte un peu au-dessus des naissances. Ces lampes disposées en quinconces, sont espacées de 12^m50, sur une longueur de 75 mètres de part et d'autre de chaque station, et de 25 mètres dans les autres parties du parcours, de sorte qu'une lampe se trouve au droit de chacune des niches ménagées dans les parois du souterrain.

Dans les stations voûtées, chaque quai est éclairé par une rangée de lampes à incandescence, distantes seulement de 4 mètres. Cet éclairage est complété par de puissantes lampes à arc dans certaines stations à plancher métallique dont le plafond diffuse moins bien la lumière.

Cet éclairage, en quelque sorte intensif, de la voie courante et des stations, combiné avec celui des voitures, fait presque disparaître la tristesse du voyage en souterrain et est vivement apprécié des voyageurs ainsi que nous le montrerons plus loin. Pendant les longues soirées d'hiver les trajets en Métropolitain sont, en somme, grâce à cet éclairage, plus agréables que ceux en tramways ou en omnibus, dont l'éclairage est généralement si défectueux que la lecture y est le plus souvent presque impossible.

Prix de revient et mode d'exécution des travaux.

TRAVAUX PRÉPARATOIRES.

La construction de la partie du Métropolitain actuellement livrée à l'exploitation a nécessité tout d'abord certains travaux préparatoires destinés à permettre au sous-sol de recevoir les nouveaux ouvrages et à en faciliter l'exécution. Ces travaux, comprenant trois groupes d'opérations, ont été les suivants :

1° On a établi des galeries souterraines reliant à la Seine le tracé du chemin de fer, de façon à servir à l'évacuation des déblais et à l'approvisionnement des matériaux. Ces galeries, qui ont été provisoirement conservées, sont au nombre de quatre : deux d'entre elles relient la Seine à la rue de Rivoli, par les rues Lobau et du Louvre, et les deux autres mettent en communica-

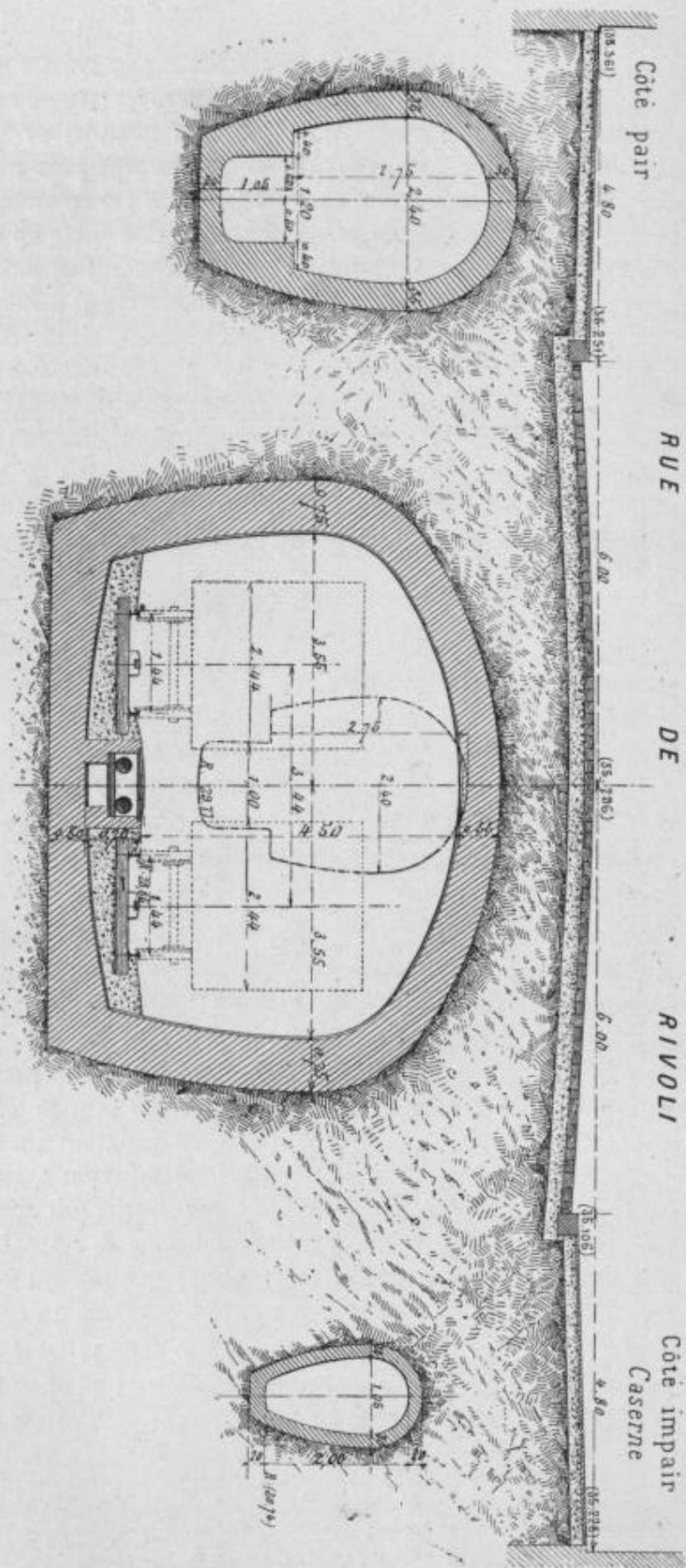


Fig. 29. — Coupe en travers de la rue de Rivoli, au droit de la caserne Loban, montrant l'emplacement du Métropolitain et des égouts destinés à remplacer l'ancien collecteur.

tion le fleuve avec le souterrain du Métropolitain, par la place de la Concorde et l'avenue d'Antin. Leur longueur varie de 212 à 436 mètres, et elles ont 2^m 50 de hauteur et 2^m 50 ou 3 mètres de largeur ;

2° La nécessité de laisser libre le sous-sol de la rue de Rivoli pour recevoir le Métropolitain, a exigé la suppression de l'égout collecteur qui suivait autrefois l'axe de cette rue (fig. 29). Il en est résulté, notamment, l'obligation de construire, pour le remplacer, un nouveau collecteur, qui a été établi du côté pair des maisons, et une galerie secondaire destinée à recevoir les eaux provenant du côté des numéros impairs ;

3° Enfin, les diverses modifications apportées dans le réseau d'égouts ont entraîné, comme conséquence, un remaniement assez important des conduites de distribution d'eau, généralement logées dans les égouts et qui ont dû être reportées dans les nouvelles galeries.

Les dépenses occasionnées par ces divers travaux ont été les suivantes :

Galeries d'évacuation des déblais	Fr.	400 000
Déviations d'égouts		3 841 000
Déviations de conduites d'eau		800 000
		<hr/>
TOTAL	Fr.	5 041 000
		<hr/> <hr/>

TRAVAUX DU CHEMIN DE FER PROPREMENT DIT.

L'ensemble des travaux du Métropolitain a été divisé en 11 lots, dont 8 sur la ligne principale, Porte de Vincennes-Porte Maillot, 2 sur l'embranchement de l'Étoile-Porte Dauphine et 1 sur l'embranchement Étoile-Trocadéro. Le premier de ces lots a été exécuté en régie, par la Ville de Paris, et les dix autres par des entrepreneurs, à la suite d'adjudications ou de marchés de gré à gré.

La figure 30 montre les positions respectives des 11 lots, ainsi que la division en trois sections des travaux exécutés : section de l'Est, section du Centre et section de l'Ouest. A la tête de chacune de ces sections, sous la haute direction de M. l'Ingénieur en chef Bienvenue, et de M. Biette, Ingénieur en chef-adjoint, se trouvait un Ingénieur spécial : M. Briotet pour la section de l'Est, M. Locherer pour la section du Centre et M. Pollet pour la section de l'Ouest.

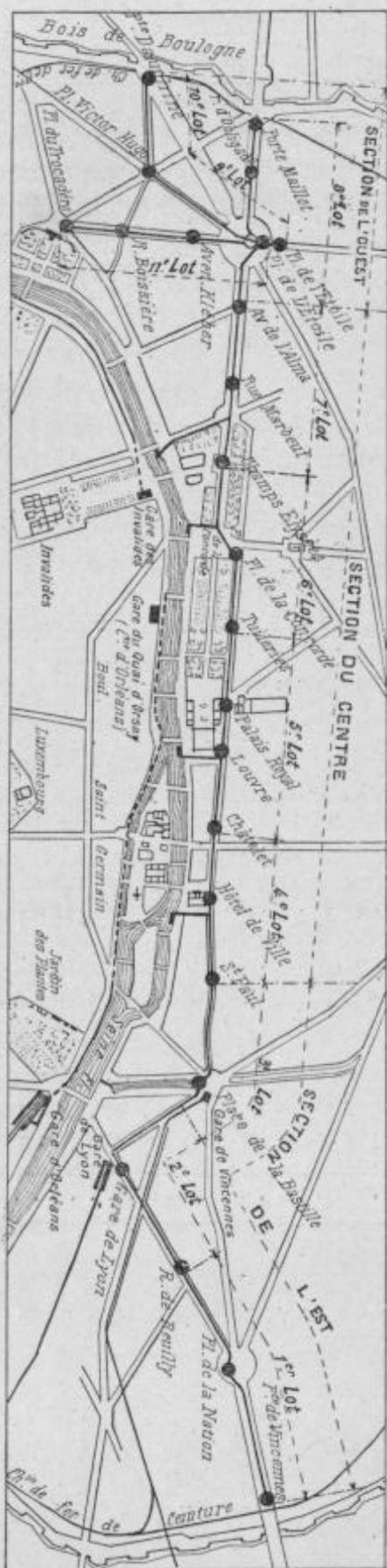


Fig. 30. — Plan de situation des lots et des sections de travaux.

Les emplacements et les longueurs de ces lots sont indiqués dans le tableau suivant :

Nos des Lots	EMPLACEMENTS DES LOTS	LONGUEURS
		mètres
1	De la Porte de Vincennes à la station de la Rue de Reuilly, exclusivement	1 795,27
2	De la station de Reuilly, inclusivement, à la rue Lacuée . . .	1 335,32
3	De la rue Lacuée à la station Saint-Paul, exclusivement . . .	1 438,03
4	De la station Saint-Paul, inclusivement, à la station du Châtelet, exclusivement	1 459,50
5	De la station du Châtelet, inclusivement, à la station des Tuileries, exclusivement.	1 326,50
6	De la station des Tuileries, inclusivement, à la station des Champs-Élysées, exclusivement.	1 246,50
7	De la station des Champs-Élysées, inclusivement, à la station de l'Avenue de l'Alma, inclusivement	1 466 »
8	De la station de l'Avenue de l'Alma, exclusivement, à la Porte Maillot	1 399,69
9	De l'Avenue de Wagram à la station Place Victor-Hugo, exclusivement	1 085,90
10	De la station Place Victor-Hugo, inclusivement, à la Porte Dauphine	745,59
11	De la Place de l'Étoile au Trocadéro	1 561,58
	LONGUEUR TOTALE.	13 959,90

Le volume des déblais à extraire s'est élevé à 850 000 mètres cubes et celui des maçonneries à 310 000 mètres cubes. Le poids du métal employé : fer, fonte et acier, a atteint 3 600 tonnes.

Tous ces chiffres ne s'appliquent qu'aux seuls travaux d'infrastructure, la pose de la voie, les installations des stations, etc., étant, ainsi que nous l'avons déjà dit, à la charge du concessionnaire chargé de l'exploitation.

Le tableau ci-après indique le nom des entrepreneurs, la longueur, la dépense totale et la dépense par mètre courant de chaque lot, non compris les frais de surveillance et travaux imprévus.

Les chiffres de la dernière colonne sont particulièrement intéressants à comparer entre eux, car ils montrent bien que c'est dans la partie centrale, c'est-à-dire dans celle où, par suite des sujétions de toutes sortes, les travaux ont été les plus difficiles, que la dépense par unité de longueur a été la plus élevée.

Tableau des prix d'évaluation des différents lots.

N ^{os} des lots	NOMS DES ENTREPRENEURS	LONGUEUR DES LOTS	DÉPENSE TOTALE	DÉPENSE par mètre courant
		mètres	francs	francs
1	Régie par la Ville	4 795,27	2 780 000	4 545
2	Dioudonnat (B. et P.)	4 335,32	3 435 000	2 585
3	Dioudonnat (Joseph).	4 138,05	2 498 000	2 195
4	Weber (L.-E.)	4 159,50	2 250 500	4 940
5	Roche (Ad.)	4 326,50	2 270 500	4 740
6	Lamarre et Sentou	4 246,50	2 539 500	2 035
7	Id.	4 166 »	4 954 500	4 673
8	Bénière et Coulange	4 399,69	2 730 000	4 950
9	Bonnet	4 085,90	4 580 000	4 455
	Raonac (G.-A.)	745,59	4 500 000	2 010
11	Bénière et Coulange	4 561,58	2 800 000	4 790
	TOTAUX ET MOYENNE . . .	43 959,90	26 355 000	4 888



A ce sujet, nous ferons remarquer que l'évaluation des dépenses faite avec une telle précision, on pourrait même dire avec une telle rigueur, que les adjudications n'ont donné lieu qu'à de très faibles rabais. Les cinq premiers lots n'ont même pas trouvé de soumissionnaires lors de la première adjudication et ils ont été exécutés : le premier, en régie, par la Ville de Paris, et les quatre suivants à la suite de marchés de gré à gré, sans aucun rabais. Quant aux six autres lots, ils ont été adjugés avec des rabais variant de 0,20 % (10^e lot) à 5,20 % (7^e lot).

Cette constatation montre la connaissance parfaite qu'ont les Ingénieurs de la Ville de Paris des prix de revient des travaux qu'ils projettent. Elle permet d'espérer que la dépense totale prévue pour la construction de l'ensemble du réseau métropolitain ne sera pas dépassée et qu'il n'y a pas de mécomptes à craindre à ce sujet. On pourrait même penser que des évaluations aussi précises et aussi serrées ne laissent peut-être pas une marge suffisante à l'imprévu et qu'il ne serait pas mauvais de laisser possible la production de rabais capables de compenser, le cas échéant, les dépenses occasionnées par des circonstances impossibles à prévoir. A ce sujet nous ferons remarquer que les prix prévus dans les bordereaux laissent effectivement une marge assez grande à la production des rabais, ainsi que l'a prouvé l'adjudication de la ligne actuellement en construction. On verra, en effet, plus loin

(page 164) que sur cette ligne, quoique les prix des bordereaux fussent sensiblement les mêmes que sur ceux de la ligne exécutée, les différents lots ont été adjugés avec des rabais considérables. Cela tient sans doute à ce que lors de l'adjudication de la première ligne, les entrepreneurs concurrents étaient fort peu nombreux et appréhendaient trop vivement les difficultés qu'ils pouvaient avoir à vaincre. Les résultats qu'ils ont obtenus ont, au contraire, encouragé les entrepreneurs qui se sont disputé l'adjudication de la nouvelle ligne.

Dans le cas présent, la somme à laquelle sont évalués les travaux imprévus et les frais de surveillance s'élève à 4 145 000 fr., ce qui porte le total des travaux prévus et imprévus à 30 500 000 francs.

Organisation et personnel. — Les frais d'organisation (personnel et frais de surveillance) sont évalués à 500 000 francs et ceux relatifs au personnel de direction et de surveillance à 900 000 francs, soit en tout 1 400 000 francs.

Dépense totale. — La dépense totale occasionnée par l'infrastructure de la partie du Métropolitain exécutée est donc évaluée à 36 941 000 francs se décomposant ainsi :

1° Travaux préparatoires	Fr. 5 041 000
2° Travaux du chemin de fer proprement dit . .	26 355 000
3° Imprévus et frais de surveillance	4 145 000
4° Organisation et personnel de surveillance. . .	1 400 000
	<hr/>
TOTAL. . . Fr.	36 941 000
	<hr/> <hr/>

La longueur totale étant de 13 959^m 90, il s'ensuit que la dépense moyenne par mètre courant est de 2 616 fr. 22.

Ce chiffre paraîtrait faible à côté de celui du prix de revient de certains chemins de fer métropolitains, mais il ne faut pas oublier que le Métropolitain de Paris a été établi suivant un gabarit de section notablement moindre que ceux auxquels on pourrait le comparer à d'autres points de vue.

Les chiffres ci-dessus sont d'ailleurs des prix d'estimation et non des prix de revient exacts dont le décompte n'était pas encore complètement arrêté au moment où cette étude a été rédigée, mais nous croyons savoir qu'ils ne s'écartent, en somme, que fort peu des prix réels.

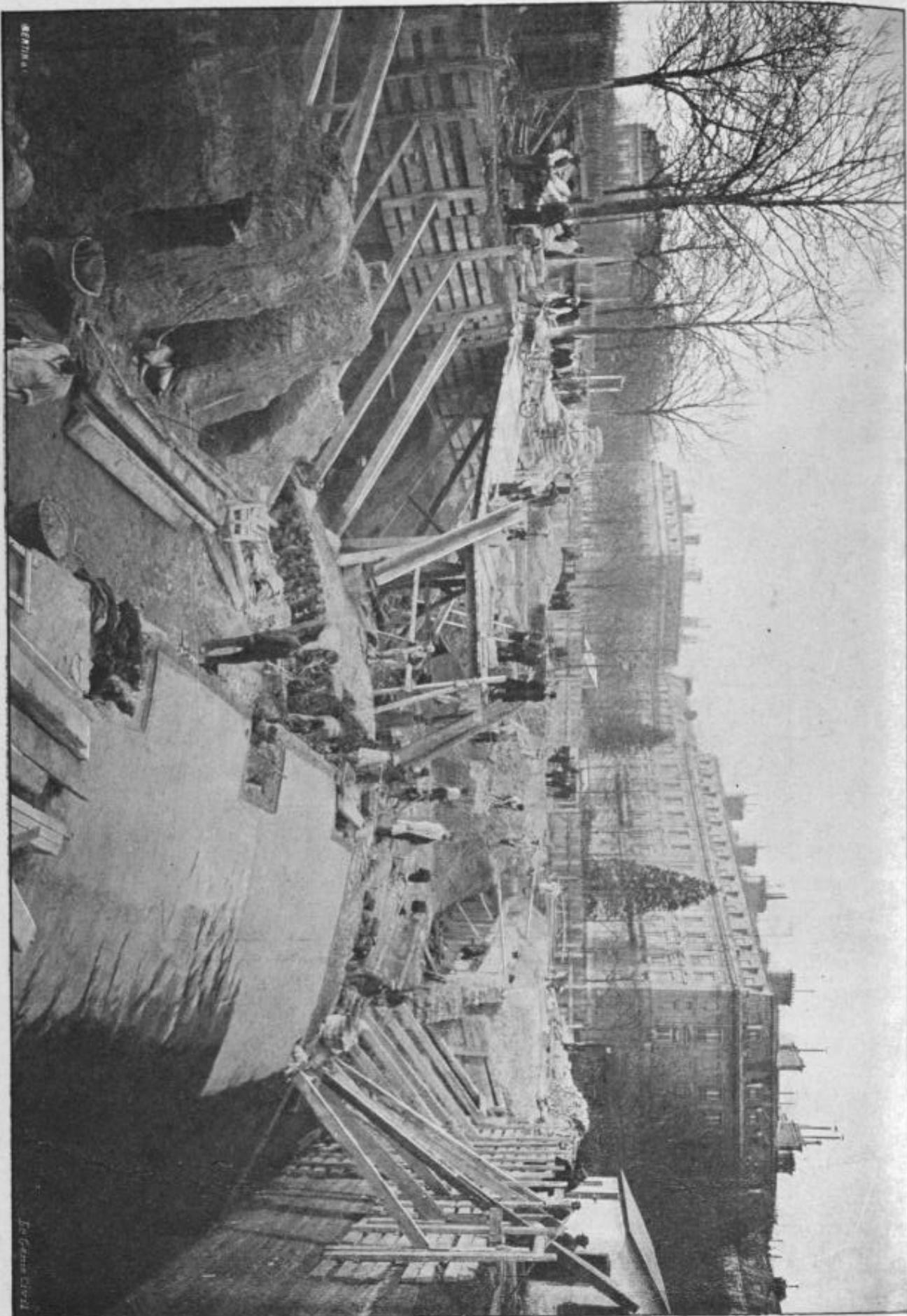


Fig. 31. — Construction de l'une des voûtes de la sous-station électrique de la Place de l'Étoile; vue prise le 24 février 1900.

EXÉCUTION DES TRAVAUX.

Aux deux extrémités du tracé, au delà des places de la Nation et de l'Étoile, le sous-sol dans lequel a été établi le Métropolitain de Paris est généralement composé de sables de Beauchamp, sables peu argileux, compacts et contenant quelquefois de petits rognons de grès dur. Ces sables, qui se trouvent directement sous les chaussées, à moins qu'ils n'y aient été remplacés par des remblais divers, ont, à l'Étoile, une épaisseur d'environ 8 mètres ; ils

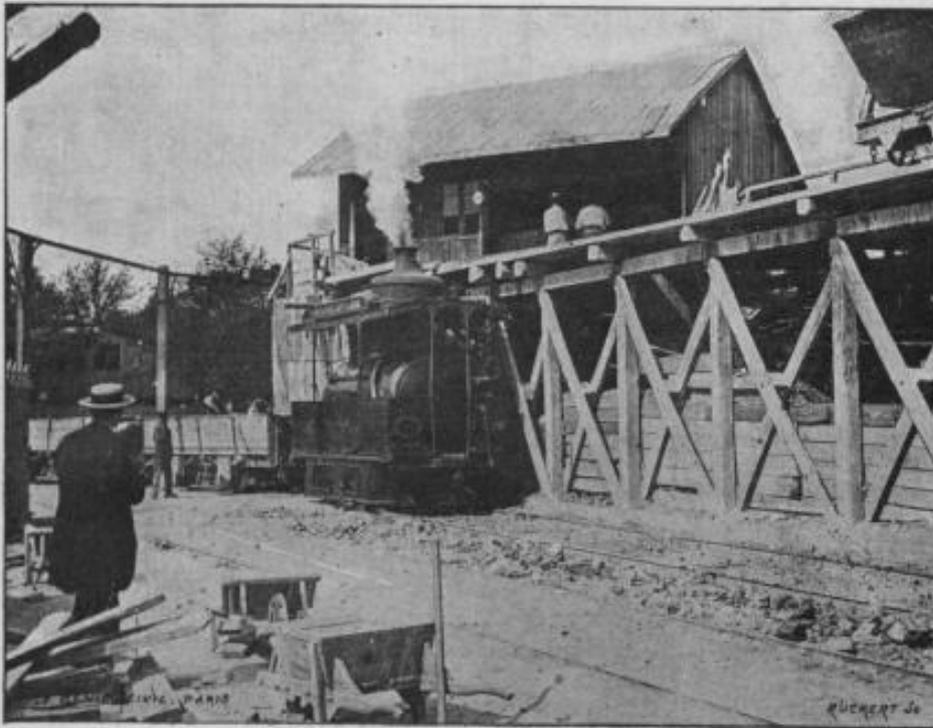


FIG. 32. — Puits d'extraction du 9^e lot, sur la place de l'Étoile ;
vue prise le 8 septembre 1899.

reposent sur une formation de marne appartenant au calcaire grossier et constituant le fond de la cuvette dans laquelle sont déposées les alluvions anciennes de la Seine.

Ce n'est guère qu'aux deux extrémités de la fraction du Métropolitain construite que le souterrain se trouve franchement dans le terrain naturel, qui est particulièrement favorable à l'exécution de travaux souterrains.

Dans la partie centrale, au contraire, les travaux ont dû être très fréquemment exécutés dans des remblais plus ou moins anciens qui ont créé de réelles difficultés, aggravées souvent par la

rencontre d'anciens ouvrages qu'il a fallu démolir : égouts, fondations, etc.

A ces difficultés, provenant de la mauvaise tenue du sous-sol ou de son encombrement, sont venues s'ajouter celles dues à la faible altitude des chaussées suivies dans la partie centrale, altitude qui a quelquefois obligé de placer le niveau du radier des ouvrages à construire à une cote inférieure à celle de la nappe d'eau souterraine. Cette nappe se rencontre, en effet, aux environs de la cote 26, c'est-à-dire à 1 mètre plus bas que le niveau normal de la Seine, déterminé par la retenue du barrage de Suresnes. Il a



FIG. 33. — Puits d'extraction avec ascenseur hydro-électrique, installé à l'angle de la rue des Halles et de la rue de Rivoli ; vue prise le 13 novembre 1899.

fallu faire plonger le souterrain dans cette nappe en trois endroits : avenue Ledru-Rollin, boulevard de Sébastopol et place de la Concorde, points où le tracé passe sous des égouts collecteurs.

Enfin l'intensité de la circulation sur les chaussées dont le sous-sol est emprunté par le Métropolitain et la nécessité de ne pas créer de trop grandes entraves à cette circulation, ont été encore un nouvel obstacle à la facilité de son exécution.

Pour remédier à ce dernier inconvénient et permettre le creusement des souterrains sans bouleverser les chaussées ni entraver

la circulation, le cahier des charges imposé aux entrepreneurs avait prévu un large emploi du bouclier ; mais, par suite de diverses circonstances, cet emploi a dû être restreint et il n'a d'ailleurs pas toujours donné les bons résultats qu'on en avait espérés.

EMPLOI DU BOUCLIER. — Le nombre de ces engins a été de 11, c'est-à-dire égal à celui des lots, mais ils ont été inégalement répartis : les 1^{er}, 3^e et 4^e lots ont utilisé chacun deux boucliers, tandis que les 5^e, 9^e et 10^e n'en ont employé aucun.

Tous ces boucliers étaient du genre de celui imaginé en 1893, par M. Chagnaud, pour la construction du collecteur de Clichy et plus tard pour le prolongement dans Paris des lignes de la Compagnie d'Orléans. Ils différaient de ce dernier par des détails de construction plus ou moins importants, mais ils étaient, en somme, basés sur les mêmes principes et donnaient des résultats analogues.

Sur les onze boucliers mis en service, quatre avaient été construits par la maison Champigneul sur un type qui n'a subi que de légères modifications. Les sept autres avaient été construits par MM. Baudet et Donon et différaient, au contraire, essentiellement les uns des autres.

Nous ne pouvons donner ici une description détaillée de ces divers engins, mais nous en indiquerons le principe en prenant l'un d'eux comme type.

Tel qu'il a été imaginé par l'Ingénieur français Brunel, en 1823, pour le percement d'un tunnel sous la Tamise, le bouclier est une sorte de carapace métallique à l'abri de laquelle s'exécutent la fouille, puis le revêtement de la galerie, et qui avance progressivement. Cet engin, plus ou moins modifié, a été introduit en France, en 1893, par M. Berlier, pour l'exécution de deux tunnels sous la Seine (1), mais c'est M. Chagnaud qui lui a donné la forme sous laquelle il a été employé dans les travaux du Métropolitain.

Contrairement aux boucliers de Brunel et de M. Berlier, qui occupaient toute la section de la galerie à creuser, les boucliers utilisés dans ces derniers travaux n'occupaient que la partie supérieure, la moitié environ du tunnel à construire.

Ils n'ont été employés que pour la section courante à deux voies. Les raccordements à une voie avaient un tracé trop sinueux et une longueur trop peu importante pour que l'emploi du bouclier

(1) Ces deux tunnels, qui font l'office d'égouts collecteurs, sont situés l'un entre Clichy et Asnières et l'autre à Paris, au droit de la place de la Concorde.

fût avantageux pour leur établissement. Quant aux stations voûtées, leur très grande largeur aurait nécessité un engin très coûteux, d'une construction difficile et d'un maniement délicat.

Ainsi qu'on peut le voir sur les figures 35 et 36, représentant l'un des boucliers construits par la maison Champigneul, l'appareil est essentiellement constitué par une enveloppe en tôle épousant la forme de la partie supérieure du tunnel à creuser et soutenue par deux cintres A et B (fig. 36) formés par des poutres dont la section est un double T composé d'une âme et de quatre cornières. La distance entre ces poutres n'est que de 1^m 95 mais l'enveloppe en tôle se prolonge à l'avant par un avant-bec en



FIG. 34. — Arrière du bouclier se dirigeant sur la porte Maillot ;
vue prise le 8 septembre 1899.

forme de visière C, ayant 2^m 50 de longueur à la partie supérieure, et elle se termine à l'arrière par une queue ou arrière-bec D, de 2^m 60 de longueur.

Les deux poutres A et B sont réunies entre elles sur leur pourtour par une série d'entretoises *e, e, e*, et les extrémités de chacune d'elles sont réunies par des poutres horizontales *a* et *b* faisant office de tirants.

Ces poutrelles d'entretoisement sont, en outre, reliées à la partie supérieure des poutres maîtresses par des pièces verticales *p, p*, et entre elles par des longerons qui supportent un plancher en ma-

de 880 tonnes, mais, en fait, l'effort total n'a jamais dépassé 500 tonnes.

Après chaque avancement du bouclier on posait à l'arrière un nouveau cintre métallique contre lequel l'appareil prenait appui pour la course suivante. Les cintres ainsi posés étaient toujours au nombre de 30, et, d'après ce que nous avons dit, espacés de 1 mètre. Au droit des vérins était placé un entretoisement

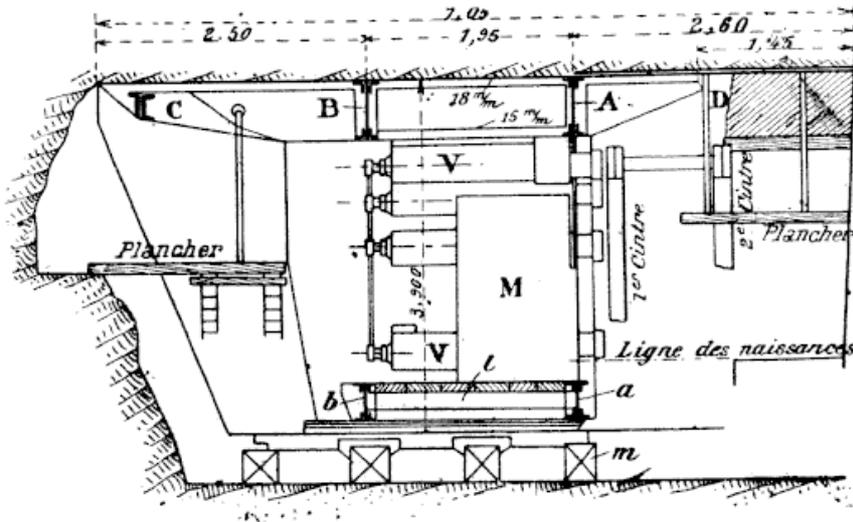


FIG. 36. — Coupe longitudinale schématique d'un bouclier.

spécial grâce auquel la totalité des cintres se trouvait affectée par l'effort subi par celui qui était à l'avancement. Le poids propre de ces cintres et celui dont ils étaient chargés était plus que suffisant pour résister à la pression des vérins telle que nous l'avons mentionnée.

Ajoutons enfin que la maçonnerie s'exécutait, sur les cintres, au fur et à mesure de l'avancement du bouclier et que son exécution était facilitée par un plancher suspendu à l'arrière-bec de l'appareil (fig. 36).

Ainsi qu'on le voit sur la figure 35, sur laquelle les traits pointillés représentent les maçonneries, le bouclier que nous venons de décrire permet d'exécuter les fouilles sur un peu plus de la moitié de la hauteur du tunnel. L'excavation de la partie inférieure de la section se fait ensuite par les procédés ordinaires et avec beaucoup de commodités puisque la partie supérieure est libre de tous boisages et a sa voûte déjà construite. Ce déblaiement suit de plus ou moins près la marche du bouclier.

MODE D'EXÉCUTION DES DIFFÉRENTS LOTS. — Chaque lot ne devait avoir, en principe, qu'un seul point d'attaque par lequel devaient se faire tout l'enlèvement des déblais et l'apport des matériaux. Ces points d'attaque étaient situés :

Pour le 1^{er} lot : place de la Nation ;

Pour le 2^e lot : boulevard Diderot dans les terrains des anciennes prisons de Mazas ;

Pour le 3^e lot : place de la Bastille, par le canal Saint-Martin ;

Pour les 4^e, 5^e, 6^e et 7^e lots : points de rencontre des galeries aboutissant à la Seine et dont il a été question plus haut ;

Pour le 8^e lot : avenue de la Grande-Armée, près de la porte Maillot ;

Pour les 9^e et 11^e lots : place de l'Étoile, l'un à l'angle Nord de l'avenue de la Grande-Armée et l'autre sur le terre-plein central ;

Pour le 10^e lot : porte Dauphine.



Fig. 37. — Avant du bouclier du 4^e lot se dirigeant vers l'église Saint-Paul ;
vue prise le 4 avril 1899.

En cours d'exécution, pour hâter ou faciliter les travaux, 22 attaques supplémentaires ont été autorisées, ce qui a porté leur nombre à 33.

Dans les souterrains en voie courante, l'ordre généralement suivi a été : 1^o construction de la voûte ; 2^o reprise des piédroits en sous-cœuvre ; 3^o enlèvement du stross ; 4^o établissement du radier.

Au contraire, dans les stations, l'ordre suivi a été : 1^o construc-

tion des culées ou piédroits en galerie; 2^o construction de la voûte ou du plancher métallique; 3^o enlèvement du stross; 4^o établissement du radier.

Les chantiers ont été partout éclairés à l'électricité; la force motrice a également été fournie aux divers engins: boucliers, treuils, etc., par l'électricité. Généralement la traction a été faite par chevaux, mais sur le premier lot elle a été effectuée au moyen de tracteurs électriques.



FIG. 38. — Arrivée d'un bouclier dans un lot terminé; vue prise le 5 novembre 1899.

Ne pouvant pas entrer ici dans le détail de ces divers travaux, nous nous bornerons à signaler les principales difficultés rencontrées et les incidents les plus saillants qui se sont produits dans chaque lot:

1^{er} lot. — Dans le 1^{er} lot qui, comme nous l'avons dit, a été exécuté en régie par les Ingénieurs de la Ville, on a construit d'abord la voûte et les culées de la station de la Place de la Nation, puis de chacun des deux bouts est parti un bouclier. Après passage de ces boucliers, l'enlèvement du stross a été fait par cunette centrale descendue au niveau du radier, et précédant

le bouclier du cours de Vincennes, tandis qu'elle suivait celui du boulevard Diderot. La première méthode paraît plus coûteuse, mais elle rend plus facile la direction de l'engin.

L'avancement des boucliers a été de 4 mètres par 24 heures.

Un deuxième chantier, installé à la porte de Vincennes et par les procédés de boisage ordinaires, est allé à la rencontre du premier bouclier et a servi à construire la station terminus.



FIG. 39. — Construction de la voûte du Métropolitain par-dessus le collecteur Rivoli.

2^e lot. — Pour passer par-dessous le collecteur de l'avenue Ledru-Rollin, il a fallu descendre le fond de la fouille à environ 3^m50 au-dessous de la nappe d'eau souterraine. Les travaux ont, néanmoins, pu être exécutés à sec à l'aide d'épuisements.

Dans ce cas, ainsi que dans tous ceux analogues, on a forcé la proportion de ciment dans le mortier (550 kilogr. par mètre cube de sable au lieu de 440) et celle de mortier dans le béton. De plus, on a donné aux maçonneries une surépaisseur de 0^m20 et on a introduit en leur milieu une chape en ciment pur de 0^m04 d'épaisseur.

Le seul incident à noter est un envahissement, survenu le 20 juin 1899, de la galerie du Métropolitain par les eaux du collec-

teur; il n'en est résulté que des dégâts matériels assez peu importants.

3^e lot. — Ce lot comprend le passage du canal Saint-Martin en viaduc. La faible hauteur disponible entre la chaussée et le niveau du rail, imposée par la condition de ne pas entraver la navigation sur le canal, a nécessité, aux abords de ce passage, le remplacement de la voûte du souterrain par un tablier métallique.

Dans l'enlèvement du stross de la tranchée couverte, à l'origine de la rue Saint-Antoine, on a rencontré les substructions d'une tour de la Bastille.

Deux boucliers ont été utilisés pour l'exécution de ce lot : le premier, établi sous la rue de Lyon, a parcouru 169 mètres, avec un avancement journalier moyen de 2^m 195; le second, installé sous la rue Saint-Antoine, a avancé de 333 mètres avec une progression moyenne de 1^m 84 par 24 heures.

4^e lot. — Beaucoup d'anciennes maçonneries ont été rencontrées dans le parcours de ce lot.

Pour passer sous le collecteur Sébastopol, le fond de la fouille descend à la cote 20,89, soit à plus de 5 mètres au-dessous de la nappe souterraine. Un puits a permis d'assécher le chantier, mais le 4 juin 1899, la galerie d'avancement s'étant trop rapprochée du radier du collecteur Rivoli, un décollement se produisit dans ce radier et les eaux en provenant envahirent les travaux en causant d'assez graves dégâts, d'ailleurs facilement réparés.

Les deux boucliers employés dans la construction de ce lot et qui avaient tous les deux leur point de départ à la station de l'Hôtel-de-Ville, n'ont pas donné de bons résultats et on a dû les abandonner au bout d'un faible parcours et poursuivre l'exécution du souterrain par la méthode ordinaire.

5^e lot. — Dans toute l'étendue de ce lot, la galerie du Métropolitain occupe le même emplacement que l'ancien collecteur Rivoli qui, comme nous l'avons vu, a dû être dévié. Pour construire cette galerie on établissait d'abord de petites galeries latérales, le long du collecteur, sur lesquelles on prenait appui pour compléter le cintre de la voûte, puis on construisait cette voûte, on démolissait le collecteur et on reprenait les piédroits en sous-œuvre. L'égoût ayant pu être utilisé comme galerie d'avancement, les travaux de ce lot ont pu être menés très rapidement ce qui était

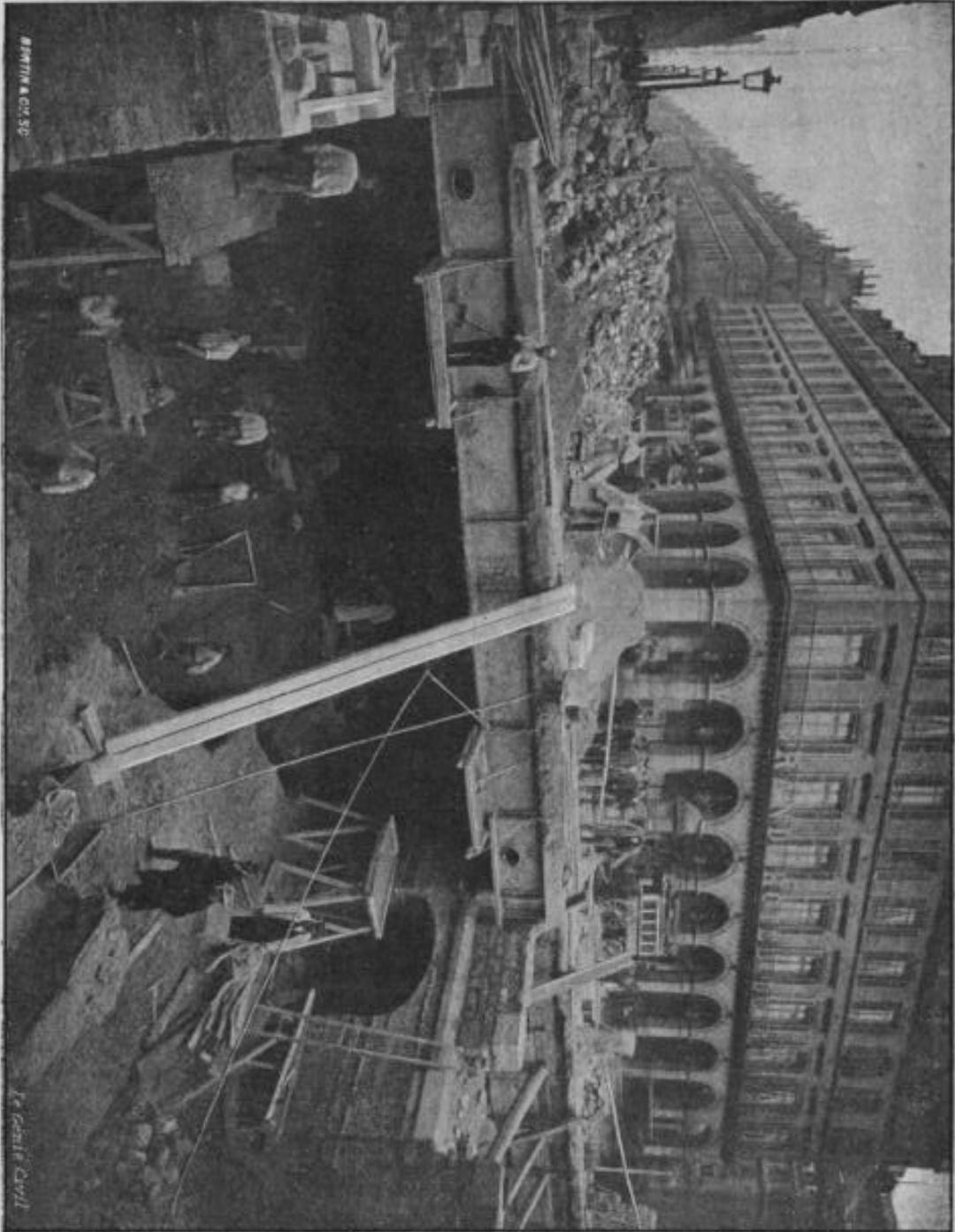


FIG. 40. — Construction des accès de la station du Palais-Royal; vue prise le 24 octobre 1899.

très important car ils étaient en grande partie exécutés à ciel ouvert et étaient une grande gêne pour la circulation.

6^e lot. — Pour passer sous le collecteur d'Asnières, à la place de la Concorde, on a dû descendre le fond de la fouille à la cote 20, soit à 6 mètres sous la nappe souterraine et 11^m 50 au-dessous de la chaussée. L'attaque de ce passage avait été commencée des deux côtés et, du côté des Champs-Élysées, on avait employé un bouclier, mais on avait dû l'abandonner au bout d'un parcours de 88 mètres.

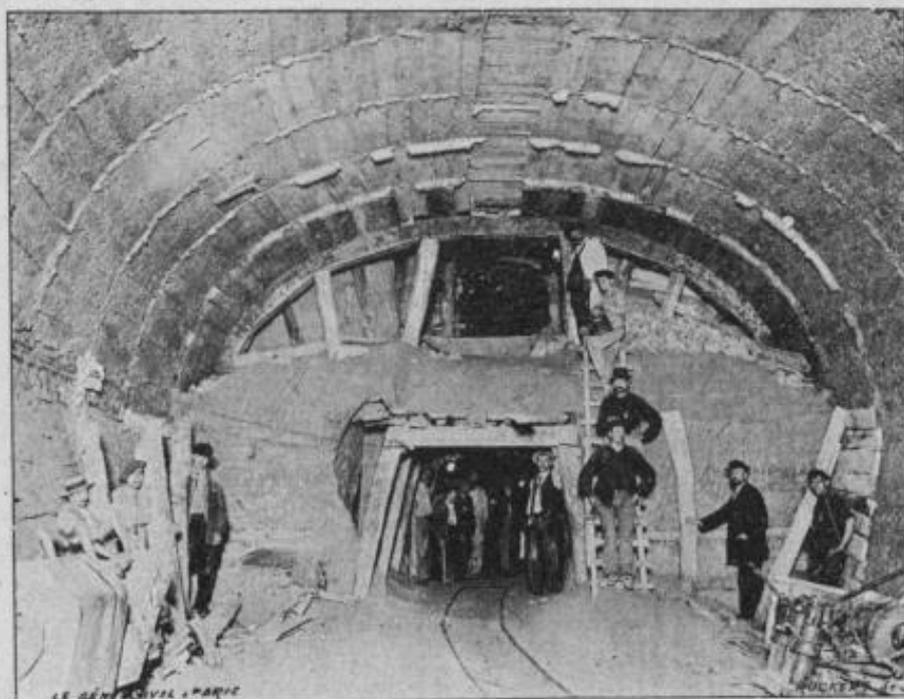


FIG. 41. — Construction du souterrain sous la place de l'Étoile; vue prise le 8 septembre 1899.

7^e lot. — De même que les suivants, ce lot traverse soit des remblais de bonne qualité, soit des terrains vierges et il n'a donné lieu à aucun travail spécial. Le bouclier employé dans ce lot, entre le rond-point des Champs-Élysées et la station de la rue Marbeuf, a parcouru la distance de 210 mètres qui sépare ces deux points avec un avancement journalier moyen de 4^m 55.

8^e lot. — Le 8^e lot comprend les deux stations accolées de la place de l'Étoile, l'une du type ordinaire de 14^m 14 de largeur sur la ligne principale, l'autre de 10^m 86 de largeur sur l'embranchement du Trocadéro.

En avant de ces deux stations se trouve un ouvrage spécial de raccordement formé également de deux voûtes accolées, l'une de 12^m 50 d'ouverture et l'autre de 7^m 46. Dans le sens longitudinal, cet ouvrage se partage en deux moitiés, la position respective des deux voûtes étant intervertie de part et d'autre de l'axe fictif formant ce partage. Cette interversion détermine une baie de forme ogivale, dans laquelle passe la voie de raccordement.

On avait d'abord construit les voûtes et l'on allait exécuter par reprises en sous-œuvre le pilier commun et les piédroits extérieurs,

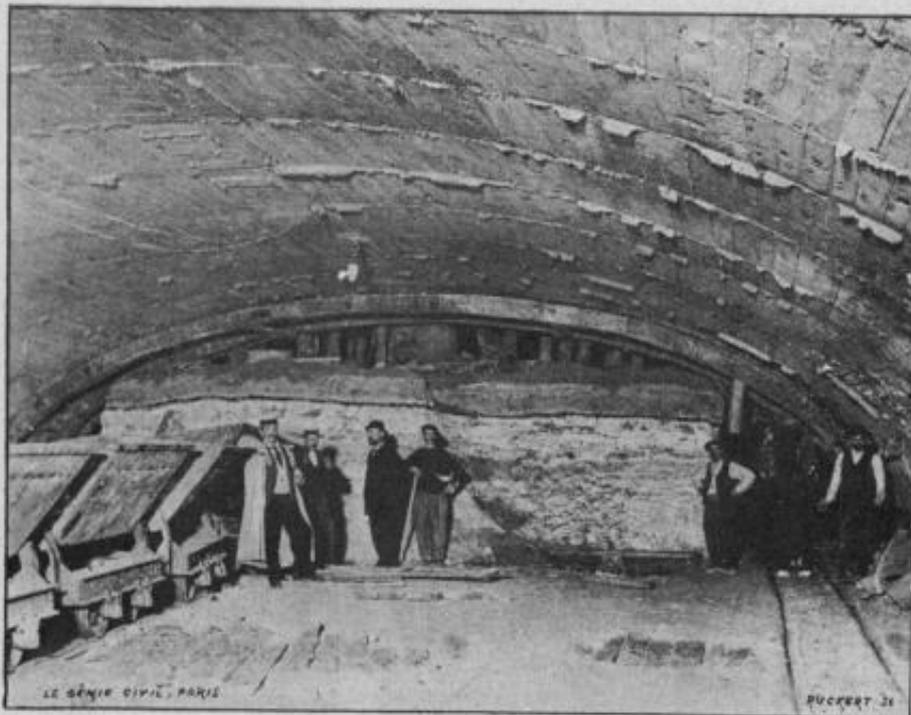


FIG. 42. — Construction de la station de l'Avenue de Wagram ;
vue prise le 8 septembre 1899.

quand un excès de hardiesse dans la reprise du pilier amena, le 9 décembre 1899, l'éroulement de la partie adjacente des voûtes, sur 18 mètres de longueur, et, par suite, l'effondrement du sol avec les arbres qu'il portait. Les voûtes et les piliers furent alors reconstruits à ciel ouvert.

L'évacuation des déblais provenant de ce lot a été faite par le tramway de Saint-Germain, dont on voit une locomotive sur la figure 32. Le bouclier employé sous l'avenue de la Grande-Armée a fonctionné sur une longueur de 322 mètres avec un avancement journalier moyen de 2 mètres.

9^e lot. — Le terrain dans lequel ont été exécutés les travaux du 9^e lot étant d'excellente tenue, il ne s'y est produit aucun incident qui mérite d'être signalé. Toutefois on a dû prendre quelques précautions à la place de l'Étoile pour passer sous la ligne principale dont la construction avait précédé celle de cette partie du 9^e lot.

10^e lot. — Les travaux du 10^e lot également exécutés dans des terrains favorables n'ont présenté aucune difficulté spéciale. Signalons seulement que dans ce lot se trouve une voûte exceptionnelle de 18^m 20 d'ouverture, en tête de la boucle terminale. Elle a été construite sur cintre en terre, après ouverture de la chaussée par tranches successives et reprise des culées en sous-œuvre.

11^e lot. — Enfin, dans le 11^e lot nous ne voyons rien à signaler si ce n'est que le bouclier employé tout d'abord n'ayant pas fonctionné, on a dû l'abandonner et construire le souterrain par la méthode ordinaire. Dans le voisinage du Trocadéro il a fallu au préalable consolider certains passages qui se trouvaient minés par d'anciennes carrières.

Tous ces travaux ont été exécutés dans un délai de 17 mois environ, délai qui paraîtra certainement très court si l'on songe aux difficultés de toutes sortes qu'il y avait à vaincre. Ce résultat n'a pu être obtenu que grâce aux excellentes dispositions prises par les Ingénieurs de la Ville et au concours dévoué qu'ils ont trouvé chez les entrepreneurs. Il est vrai que pour stimuler le zèle de ces derniers le cahier des charges prévoyait une retenue de 2 000 francs par jour de retard dans le délai de livraison, tandis qu'il leur accordait, au contraire, une prime de 2 000 francs par jour d'avance.

Signaux.

Dans une exploitation aussi intensive que celle du Métropolitain, les systèmes de signaux ordinairement employés, c'est-à-dire manœuvrés à la main, auraient nécessité un personnel considérable et dont l'attention aurait dû être constamment en éveil. Étant donnée la grande fréquence des trains, une erreur ou même un simple retard dans les manœuvres auraient suffi pour occasionner des accidents.

Pour ces diverses raisons la Compagnie du Métropolitain a eu recours à un système de block dont le fonctionnement est automatique. Ce système, désigné sous le nom de *block-system Hall*, du nom de son inventeur, présente non seulement l'avantage de supprimer les *bloqueurs*, mais encore celui de protéger l'arrière de chaque train par deux signaux. C'est le train lui-même qui ferme la voie immédiatement derrière lui et qui l'ouvre à une certaine distance par l'action du bandage de l'une des deux premières roues agissant simultanément, par l'intermédiaire de l'électricité, sur un signal qui est mis à l'arrêt et sur le signal antécédent qui est mis à voie libre.

Nous donnerons ici une description sommaire de ce système de block, auquel on a imputé bien à tort un certain nombre des accidents qui se sont déjà produits sur le Métropolitain.

Le *block-system Hall* se compose en principe de trois éléments essentiels :

1° Les signaux proprement dits, arrêtant ou laissant passer les trains, suivant la couleur de leur feu ;

2° Les pédales, actionnées par les boudins des roues et interrompant les circuits dans les relais ;

3° Les relais, actionnant les signaux par fermeture ou ouverture de circuits électriques.

A ces trois éléments il faut ajouter les circuits électriques qui les relient, circuits qui, dans les chemins de fer ordinaires, sont constitués par les rails de la voie, mais qui, dans les chemins de fer à traction électrique, où les rails sont déjà utilisés pour le retour du courant, comme c'est ici le cas, doivent être formés à l'aide d'un réseau de fils spéciaux.

Signaux proprement dits. — Chaque station est munie, sur chaque voie, d'un signal d'arrivée et d'un signal de départ. Les stations terminus seules n'ont qu'un signal d'arrivée sur la voie d'arrivée et un signal de départ sur la voie de départ.

Pour pouvoir établir un service à deux minutes, on a, de plus, placé un signal intermédiaire entre les stations dont l'espacement est trop grand, de façon à avoir un certain battement qui permet aux mécaniciens de ne jamais rencontrer, *en temps normal*, un signal à l'arrêt.

Le signal proprement dit est constitué par une caisse d'environ 0^m30 de hauteur sur 0^m30 de largeur et 0^m45 d'épaisseur (fig. 43), dans laquelle sont percées deux fenêtres circulaires munies, l'une d'un verre blanc qui indique que la voie est libre, l'autre d'un verre rouge indiquant que la voie est occupée, c'est-à-dire commandant l'arrêt. Un électro-aimant, dont les armatures ont une forme spéciale, actionne une tige oscillante munie d'un disque en aluminium qui vient obturer alternativement l'une ou l'autre fenêtre, suivant que la voie est libre ou occupée. Le signal est à l'arrêt toutes les fois que le courant qui circule dans l'électro-aimant est coupé; on voit, en effet, sur la figure 43, que lorsque les armatures de cet électro-aimant ne sont plus aimantées,

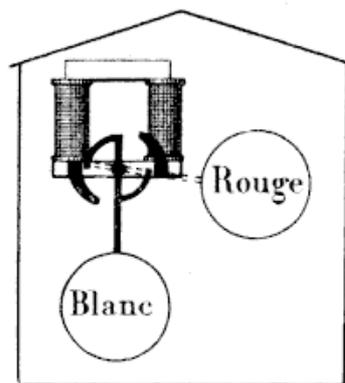


FIG. 43.
Schéma d'un signal.

la tige portant le disque obturateur prend la position verticale et que c'est la fenêtre portant le verre blanc qui est rendue obscure.

L'éclairage des signaux se fait au moyen de cinq lampes à incandescence à 110 volts, placées dans la caisse, derrière les carreaux blancs et rouges, et alimentées par le courant d'éclairage ou de traction qui est à 550 volts. Un second groupe de cinq lampes, branché sur un circuit spécial, est placé en réserve pour être substitué au premier dans le cas où l'une de ses lampes viendrait à être hors d'usage.

Pédale. — La pédale destinée à couper momentanément le courant qui circule dans les circuits commandant les signaux, se compose d'un levier horizontal LL' agissant sur une tige verticale T, dont l'extrémité supérieure actionne elle-même l'appareil coupe-circuit M (fig. 44 et 45).

L'extrémité *L'* de ce levier étant abaissée par le passage de la première roue du train, son extrémité *L* soulève la tige verticale *T* et produit ainsi l'ouverture du circuit. Pour amortir la brusquerie de ce mouvement, la tige *T* est munie, à peu près en son milieu, d'un renflement en forme de disque *P*, se mouvant dans une chambre à air *C*. Cette chambre est percée en un certain point d'une ouverture *O* qui fait communiquer sa partie supérieure avec sa partie inférieure par une tubulure *t*, de telle sorte que, lorsque le piston *P* monte, l'air emprisonné au-dessus de

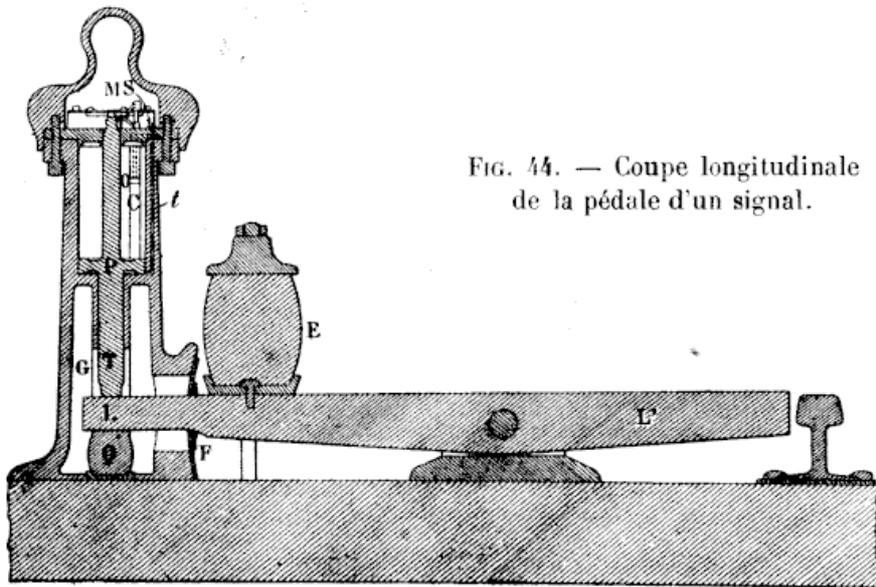


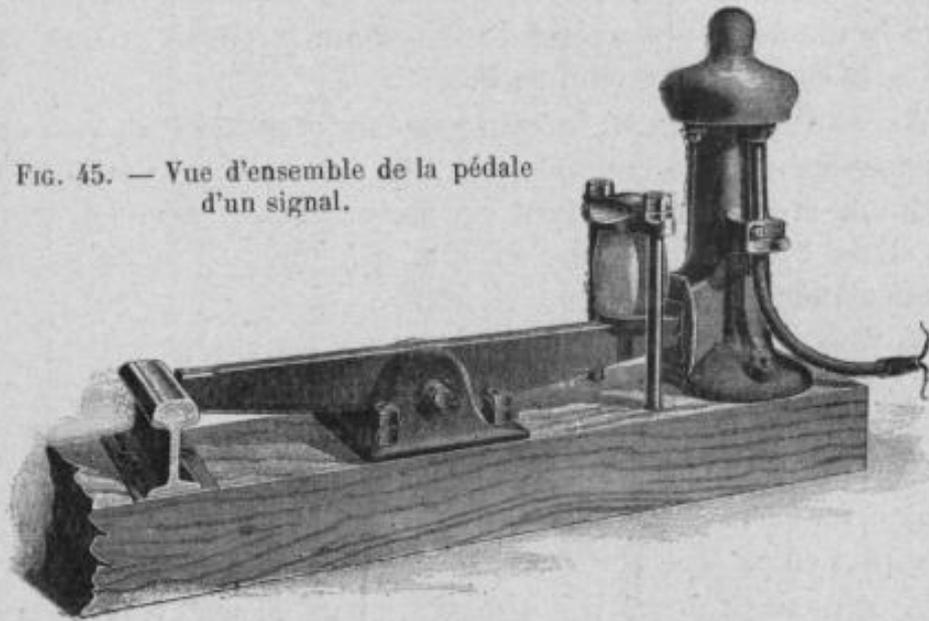
FIG. 44. — Coupe longitudinale de la pédale d'un signal.

ce piston s'échappe par l'ouverture *O* et passe par la tubulure *t* sous sa face inférieure. Lorsque le piston est monté assez haut pour obturer l'ouverture *O*, la communication entre les deux faces du piston est interrompue et l'air restant dans la partie supérieure de la chambre se trouve comprimé et forme coussin, empêchant ainsi le piston de buter violemment contre le couvercle. De cette façon, le brutal mouvement communiqué par la roue du train au levier est transmis avec douceur au mécanisme assez délicat qui permet l'ouverture et la fermeture du circuit électrique alimentant les relais.

Dès que le bandage de la roue a cessé d'appuyer sur l'extrémité *L'* du levier, son extrémité *L* s'abaisse sous l'influence de son poids et de celui de la tige *T* qui retombe dans sa position primitive. L'air qui se trouve emprisonné sous la face inférieure du piston *P* formant coussin et ne repassant que lentement par la

tubulure *t* dans la partie supérieure de la chambre C, cette descente de la tige T s'effectue sans choc. Une soupape S permet de régler la pression de l'air dans la chambre du piston. La tige inférieure de ce dernier descend dans une chambre G, dans laquelle se meut l'extrémité L du levier, et l'ouverture qui livre passage à ce dernier est fermée au moyen de plaques-ressorts F, fixées sur le levier et frottant sur les faces de l'ouverture. Le levier est maintenu dans la position indiquée par la figure 45 par un bloc de caoutchouc E formant ressort et fixé de telle sorte qu'il faille la

FIG. 45. — Vue d'ensemble de la pédale d'un signal.



pression exercée par un train en L' pour que le piston puisse être mis en mouvement. Un autre bloc de caoutchouc Q sert à amortir le choc du piston quand il retombe.

Relais. — Chaque pédale agit, en interrompant momentanément son circuit, sur un relais qui commande le signal correspondant. Ces relais sont logés dans des boîtes fermées qui sont elles-mêmes placées dans les niches qui ont été ménagées dans les piédroits du tunnel. Ils se composent essentiellement d'un électro-aimant, agissant sur quatre leviers commandant chacun un circuit distinct, et d'une batterie de piles.

Lorsque le courant passe dans l'électro-aimant du relais, les leviers sont sur les contacts-avant; lorsque ce courant est interrompu, ces leviers sont sur les contacts-arrière. En position normale les relais sont maintenus aimantés, de sorte que ces leviers sont sur les contacts-avant.

Fonctionnement du système. — Pour expliquer le fonctionnement de l'ensemble du système, prenons deux stations A et B, et un train se dirigeant de A vers B (fig. 46).

Lorsque le train quitte A et passe sur la pédale PA, il coupe en P le courant de la pile B qui aimante le relais R par le circuit B-P-m-n-bobines-a-l-B. Le relais R n'est plus aimanté, les leviers tombent sur les contacts-arrière, le circuit du signal S est coupé en c, et ce signal se met à l'arrêt. De plus, le circuit du relais R reste coupé en a, puisque le levier l est tombé, et c'est ce qui fait que son électro-aimant ne se réaimante pas immédiatement après que la roue du train a cessé d'appuyer sur la pédale et que, par suite, le contact est rétabli en P.

Avant d'arriver en B, le train passe sur la pédale P₁B₁ et coupe momentanément le courant en P₁. Le relais R₁ n'ayant plus de courant, ses leviers tombent sur les contacts-arrière. Le circuit du signal S₁ est alors coupé en c₁ et, par suite, ce signal se met immédiatement à l'arrêt.

Voyons ce qui s'est produit en A, pour le signal précédent.

Lorsque les leviers du relais R₁ sont tombés, le courant de la pile B₁ est arrivé au relais R par le contact d₁. Les leviers de R sont donc revenus sur les contacts-avant. Mais le signal S est toujours à l'arrêt, car son circuit est coupé en b₁ alors qu'il ne l'est plus en c.

A ce moment donc, il y a deux signaux à l'arrêt S et S₁, derrière le train. Lorsque ce dernier, en continuant sa route, passe sur la pédale P₂B₂, le courant de la pile B₂ est coupé en P₂; comme précédemment, les leviers du relais R₂ se mettent sur les contacts-arrière et le signal S₂ se met à l'arrêt.

Par le contact qui s'établit alors en d₂, le courant arrive dans le relais R₁ et les leviers de R₁ reviennent sur leurs contacts-avant. Le circuit du signal S₁ qui était coupé en c₁ l'est de nouveau en b₂, et par suite ce signal reste à l'arrêt. Mais le circuit du signal S se referme en b₁, et, par suite, celui-ci se remet à voie libre. Et ainsi de suite.

En résumé, quand un train passe sur la pédale d'un signal, il le met à l'arrêt, et remet à voie libre le signal antéprécédent, en laissant à l'arrêt le signal précédent.

Pour protéger les manœuvres des trains dans les stations et aux embranchements, on a prévu des commutateurs d'aiguilles qui

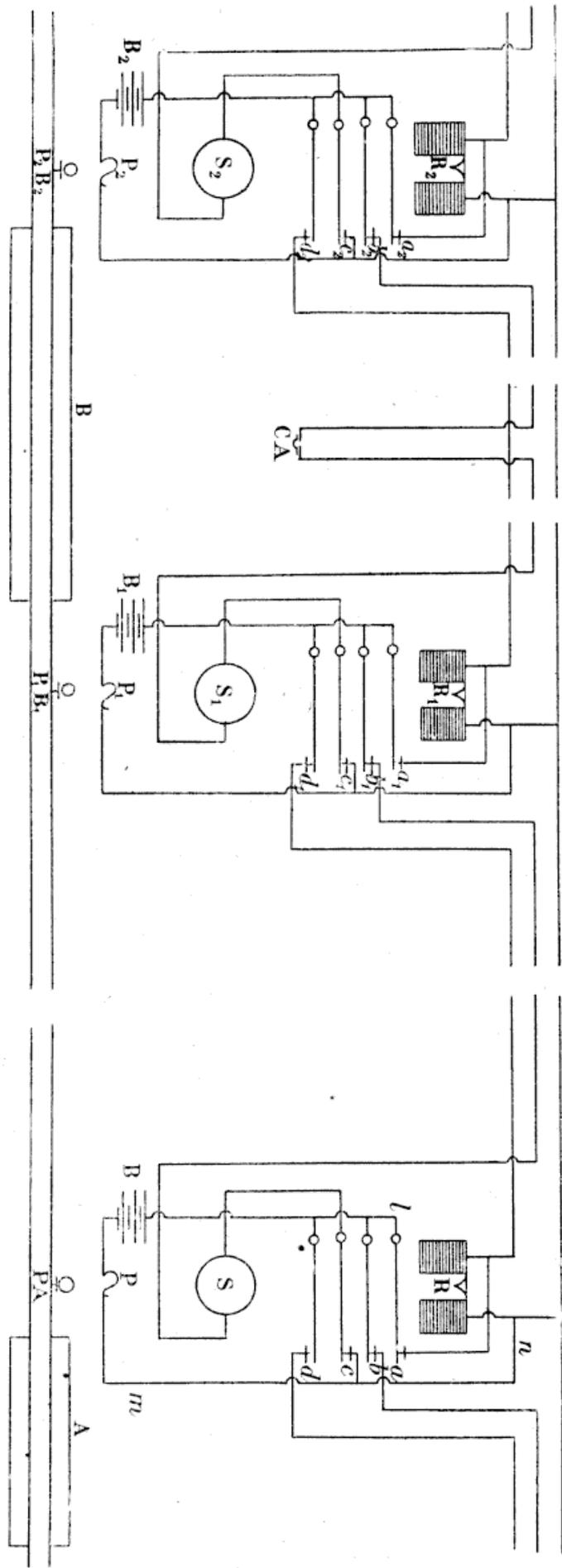


Fig. 46. --- Schéma indiquant le fonctionnement du block-system Hall.

mettent automatiquement à l'arrêt les signaux qui couvrent ces aiguilles, en interrompant le courant.

Ainsi, lorsque le commutateur **CA** est ouvert, le circuit du signal S_1 est coupé, et par suite celui-ci est à l'arrêt.

Un train étant toujours couvert par deux signaux à l'arrière, il en résulte que s'il tombe en détresse, par exemple entre S_1 et S_2 , le train suivant ne pourra pas franchir le signal S . Ce dernier train devant au contraire venir au secours du premier, on fait fonctionner à la main les signaux S et S_1 , de la même manière que si le train en détresse avait continué sa route. Pour cela le conducteur agit à la main sur des interrupteurs disposés dans des caisses plombées dont les plombs ne peuvent être rompus qu'en cas de nécessité absolue.

Nous avons déjà dit que les quelques accidents qui se sont produits sur le Métropolitain ne doivent pas être imputés au système de signaux employé. Les interruptions de service qui se produisent quelquefois proviennent généralement d'avaries survenues au matériel, qui ne peut pas être entretenu avec un soin suffisant. Nous avons vu, en effet, que le nombre de voitures que possède actuellement la Compagnie est beaucoup trop faible et il en résulte que ce matériel se trouve absolument surmené. Ce matériel ayant été beaucoup augmenté dans ces derniers temps, les accidents deviennent de plus en plus rares.

MATÉRIEL ROULANT.

La traction des trains du Métropolitain se fait par l'électricité, système qui présente des avantages supérieurs à tous les autres dans le cas présent où la voie est constamment en souterrain et où l'on doit exploiter par trains légers se succédant à intervalles très rapprochés. La traction électrique ne dégage, en effet, ni odeur, ni fumée, ce qui facilite singulièrement la ventilation des tunnels. D'autre part, elle se prête merveilleusement à la division de la force motrice et, par suite, à la formation de trains nombreux et d'une faible capacité. Ajoutons enfin qu'elle facilite, non seulement l'éclairage du tunnel, qui a été exigé sur toute sa longueur, mais encore l'éclairage et le chauffage des voitures.

En principe, chaque train est composé de trois voitures, dont une automotrice et deux de remorque (fig. 1 et 47 à 51), mais il y a en réalité cinq types de voitures, savoir :

Deux types de voitures d'attelage, l'un pour la 1^{re} classe et l'autre pour la 2^e ;

Deux types de voitures automotrices, l'un à une loge et l'autre à deux loges de mécanicien.

VOITURES D'ATTELAGE.

Les voitures d'attelage (fig. 1 à 4, pl. IV) sont formées par des caisses de 8^m 70 de longueur, 2^m 40 de largeur et 2^m 30 de hauteur, renfermant dix rangées transversales de sièges adossés deux à deux, à l'exception des deux extrêmes. Ces rangées sont coupées par un couloir longitudinal de 0^m 85 de largeur qui laisse d'un côté une rangée longitudinale de dix sièges, de 0^m 45 de largeur, n'offrant chacun qu'une seule place, et de l'autre côté, une autre rangée de dix sièges, de 0^m 92 de largeur, présentant chacun deux places, de sorte que le nombre total de places dans chaque voiture est de trente (fig. 2, pl. IV). Toutefois, on a prévu que, dans les cas où l'affluence des voyageurs serait grande, ceux-ci pourraient pénétrer en plus grand nombre dans les voitures, à condition d'y rester debout. Le nombre des voyageurs qui peuvent ainsi être admis est de cinquante par voiture, mais nous verrons plus loin qu'il est souvent dépassé.

Dans les voitures de 1^{re} classe, les sièges et leurs dossiers sont capitonnés et recouverts en cuir rouge brun, tandis que dans

celles de 2^e classe ils sont simplement formés de baguettes en bois verni. Dans les deux cas, les dossiers s'arrêtent à 0^m 65 de hauteur au-dessus du siège, de façon à laisser libre toute la partie supérieure de la voiture qui ne forme ainsi qu'un seul compartiment. Les tiges métalliques verticales qui servent à fixer ces dossiers se prolongent seules jusqu'à la partie supérieure de la voiture où elles supportent des filets destinés à recevoir les menus bagages.

Le plancher est formé par un caillebotis, aussi bien dans les voitures de 1^{re} classe que dans celles de 2^e classe.

De chaque côté de la voiture se trouvent deux portes coulissantes, l'une pour l'entrée des voyageurs et l'autre pour la sortie, afin d'éviter l'encombrement et de faciliter le mouvement des voyageurs. Elles portent sur leurs vitres les inscriptions : ENTRÉE ou SORTIE, qui restent lisibles derrière les vitres de la coulisse, dans laquelle elles se logent quand elles sont ouvertes.

Une dérivation du courant principal assure l'éclairage des voitures qui comprend six lampes placées dans l'axe du plafond et quatre lanternes placées aux quatre coins.

D'autres dérivations devaient également alimenter quatre chauffettes électriques placées dans le parquet et assurer le fonctionnement des indicateurs de stations, c'est-à-dire de plaques indicatrices donnant au fur et à mesure le nom de la station dans laquelle on va arriver, dès que l'on quitte la station précédente. Jusqu'ici ces deux installations n'ont pas encore été faites. En ce qui concerne la première, il faut reconnaître que le besoin ne s'en fait pas vivement sentir. La température dans le souterrain, même par les grands froids, ne descend, en effet, guère au-dessous de 16°, de sorte que, eu égard au peu de durée des trajets effectués dans le Métropolitain, il n'y a pas grande nécessité à chauffer les voitures.

Quant aux indicateurs de stations, ils auraient leur utilité et il faut espérer que la Compagnie trouvera enfin un système donnant toute satisfaction.

Afin de faciliter leur inscription dans les courbes de faible rayon, les voitures ne sont munies à leurs extrémités que d'un seul tampon (fig. 3 et 4, pl. IV). De plus, on a ménagé des entailles dans les traverses de tête du châssis pour permettre le déplacement des crochets de traction dans les courbes.

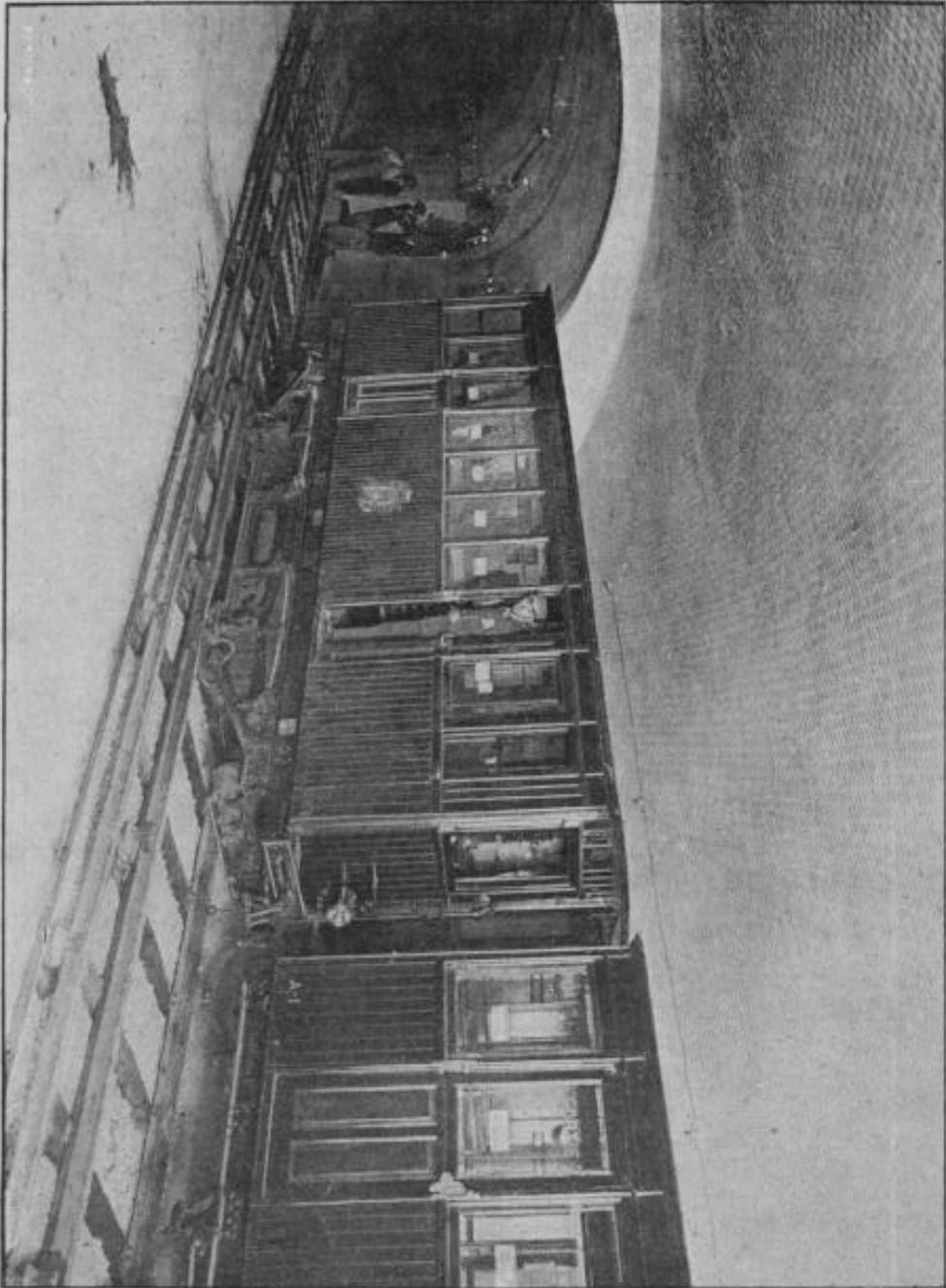


Fig. 47. — Vue d'un train dans la station de la Place de l'Étoile, prise le 12 juillet 1900.

VOITURES AUTOMOTRICES.

Ces voitures, qui sont toujours de 2^e classe, ne diffèrent des précédentes que par l'adjonction, à l'une de leurs extrémités, d'une loge (fig. 1, 48, 49, 68 et 72) dans laquelle se tient le méca-

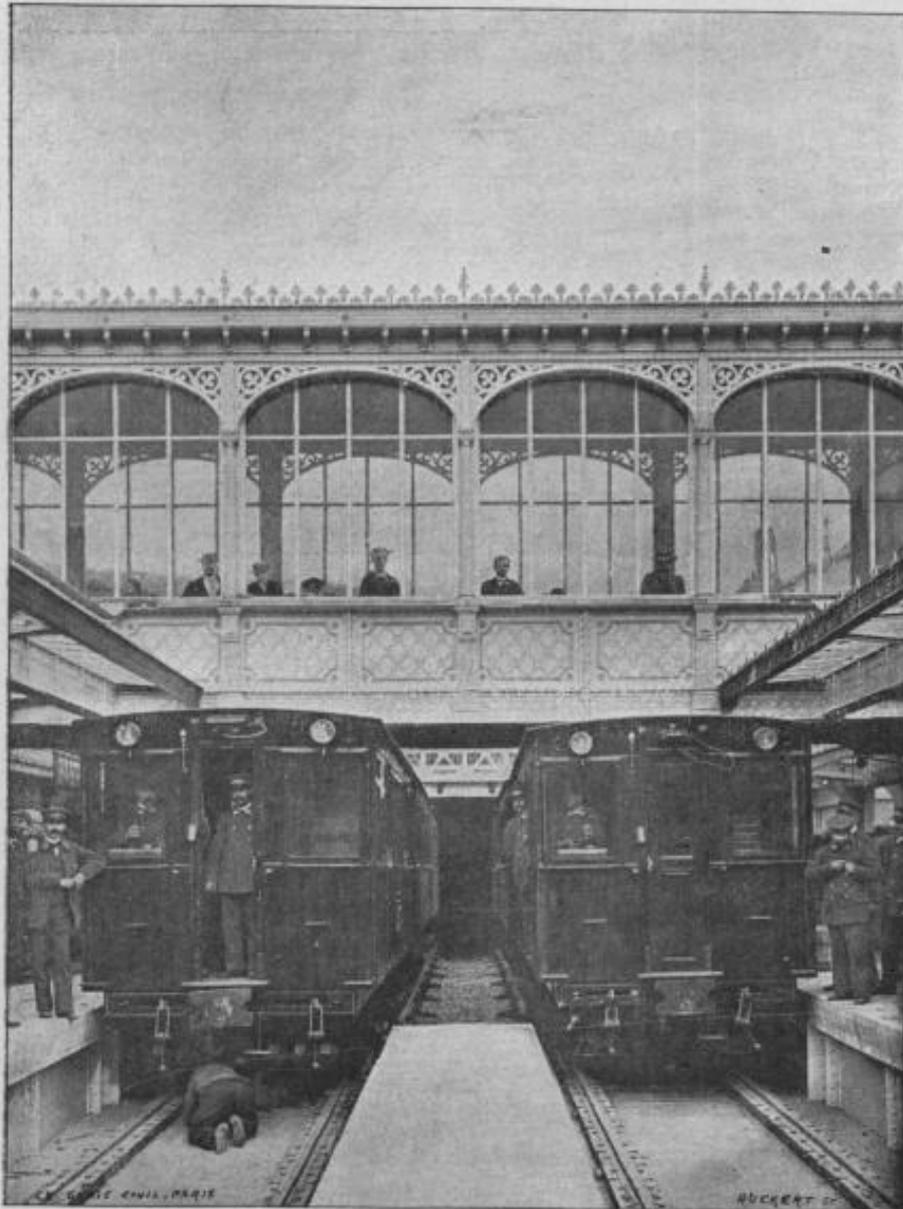
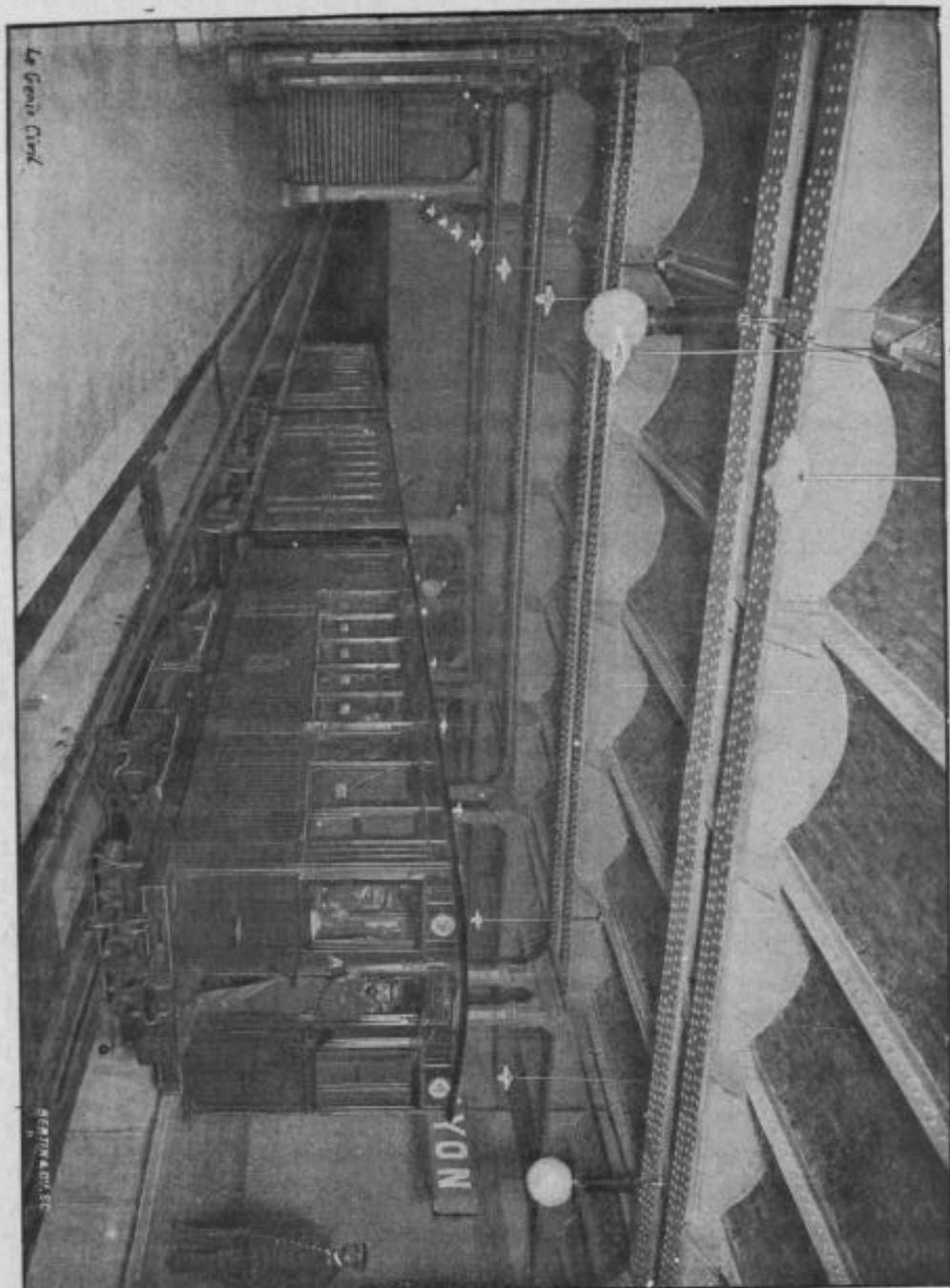


FIG. 48. — Vue d'une voiture automotrice dans la gare de la Bastille, prise le 4 juillet 1900.

nicien avec tous les appareils de commande du train sous la main. Toutefois, certaines automotrices sont munies d'une loge à chaque extrémité (fig. 5, 6 et 7, pl. IV) et voici pourquoi :

Nous avons vu qu'il n'existe aucune plaque tournante sur la



Le Grand Central

REYRIE & CO. S.C.

FIG. 49. — Vue d'un train dans la station de la Gare de Lyon, prise le 12 juillet 1900.

partie du Métropolitain actuellement construite, mais qu'on a disposé, aux extrémités de la ligne principale, des stations en raquette remplissant le même but. Après avoir tourné la boucle de la raquette, les trains se retrouvent donc prêts à repartir avec leur automotrice en tête, celle-ci ayant toujours sa loge de mécanicien en avant. Dans les embranchements Étoile-Porte Dauphine et Étoile-Trocadéro il n'y a, au contraire, actuellement, pour chacun d'eux, qu'une seule station en raquette et, à l'autre extrémité, les trains doivent repartir en faisant machine en arrière. Une voie de garage permet bien de remettre l'automotrice en tête du train, mais, comme il n'y a pas de plaque tournante, la partie avant de cette voiture devient sa partie arrière, et pour que le service soit convenablement assuré, il est nécessaire qu'il y ait une loge à chaque extrémité de la voiture, ainsi que cela se pratique, d'ailleurs, sur un grand nombre de tramways qui n'ont pas de plaques tournantes.

Chaque loge (fig. 5 à 12, pl. IV) occupe un rectangle dont le grand côté est formé par la largeur de la voiture et dont l'autre a 0^m 80. Le mécanicien y pénètre par une porte coulissante, de l'intérieur de la voiture, et a en face de lui le *contrôleur*, ou appareil de mise en marche, les robinets de manœuvre du frein à air comprimé et de la sablière, etc. (fig. 8 et 9, pl. IV). A sa gauche et sur la face opposée de la loge (fig. 10, 11 et 12, pl. IV) se trouve un tableau de distribution sur lequel sont réunies les commandes des appareils accessoires : indicateurs de stations, éclairage, chauffage, etc. ; au-dessous se trouve le compresseur d'air actionné par une petite dynamo et placé au-dessus de la boîte à outils. Il n'y a jamais qu'un seul compresseur par voiture.

Une boîte de connexion placée à l'arrière des voitures fait passer le courant de l'une à l'autre.

Les voitures motrices sont munies d'une double suspension, le châssis de caisse reposant sur le châssis porteur par l'intermédiaire de ressorts à boudin.

La prise de courant sur le rail conducteur se fait par un sabot frotteur suspendu d'une façon non rigide au-dessous des boîtes à huile des voitures motrices (fig. 7, pl. IV). Un câble isolé partant de ce sabot conduit le courant aux moteurs.

Moteurs. — Les voitures automotrices sont actionnées par deux moteurs électriques, système Westinghouse, construits par Société Industrielle d'Électricité dans ses usines du Havre.

Chacun de ces moteurs a une puissance de 100 chevaux à pleine charge et à la vitesse de 450 tours par minute. Il actionne, par l'intermédiaire d'une roue d'engrenage de 630 millimètres de diamètre, calée sur le même arbre, un pignon de 265 millimètres de diamètre calé sur l'essieu.

Ces moteurs sont à enroulement en série et peuvent, pendant

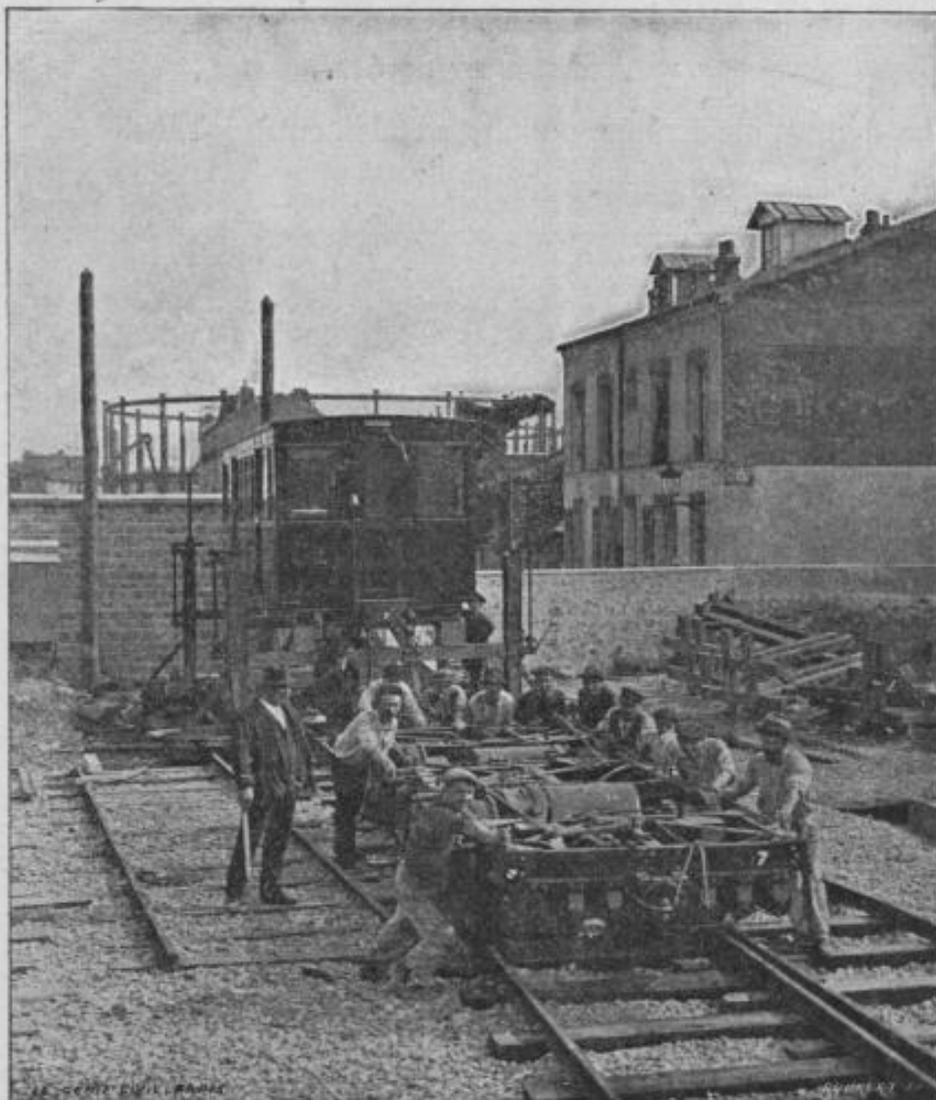


FIG. 50. — Truck de voiture automotrice; vue prise au dépôt, le 4 juillet 1900.

quelques secondes, développer une puissance double de leur puissance normale. Ils sont placés sous les caisses des voitures, ainsi qu'on peut s'en rendre compte par l'examen de la figure 50.

Deux contrôleurs par voiture permettent de coupler les moteurs en série et en parallèle. Ces contrôleurs, du système Westinghouse également, sont munis d'un souffleur d'étincelles.

Freins. — En outre du frein à air comprimé, on a muni toutes les voitures d'un frein à main ordinaire et, de plus, en cas de danger imminent, on peut faire fonctionner les moteurs comme freins en faisant machine en arrière. Ce cas paraît d'ailleurs avoir peu de chances de se présenter, car, ainsi que nous l'avons vu, un système de signaux très perfectionné a été adopté pour la protection des trains.

ATELIERS ET DÉPÔTS.

La Compagnie du Métropolitain a établi, entre la rue des Maraîchers et le Chemin de fer de Ceinture, près de la station de la

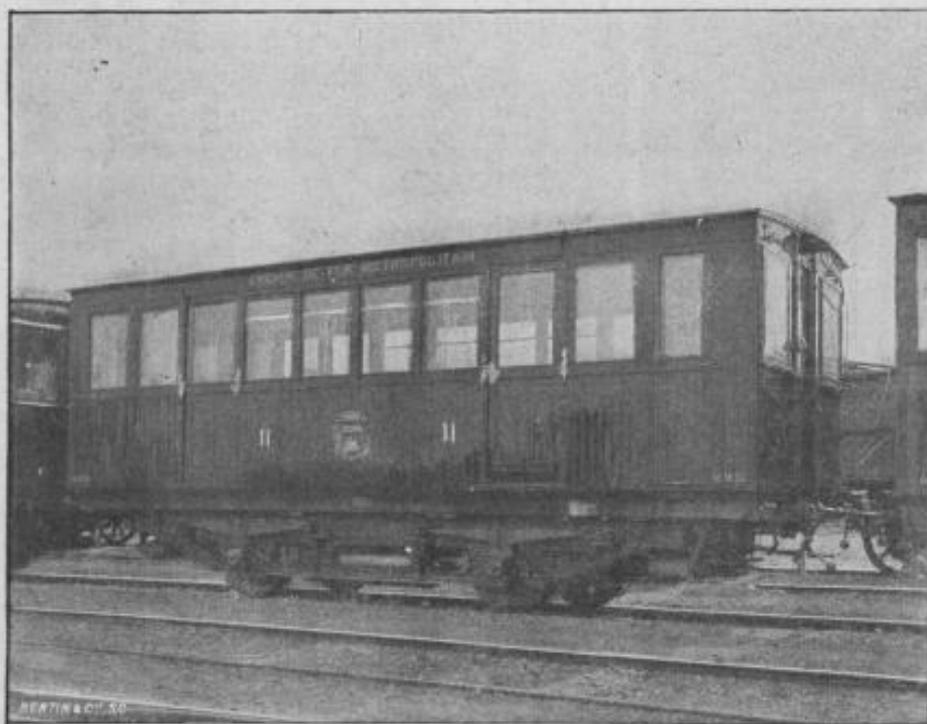


FIG. 51. — Voiture de 2^e classe ; vue prise au dépôt, le 4 juillet 1900.

Porte de Vincennes, un dépôt de matériel auquel est adjoit un grand atelier de réparations actuellement presque terminé. Ce dépôt est relié au Chemin de fer de Ceinture par un raccordement qui permet d'y amener directement et toutes montées les voitures du Métropolitain.

Certaines automotrices ont été livrées sans moteurs et ces derniers n'ont été mis en place que dans le dépôt. La figure 50 montre le soulèvement, à l'aide de vérins, d'une caisse de ces automotrices pendant que l'on emmène son truck au point de l'atelier où il doit recevoir ses moteurs.

Ce dépôt est relié à la station de la Porte de Vincennes par une voie qui s'enfonce progressivement en souterrain et permet d'introduire les voitures dans le Métropolitain ou de les retirer. Dans l'intérieur du dépôt, les voitures automotrices prennent le courant sur des fils aériens à l'aide d'un trolley amovible, pouvant être placé successivement sur chaque voiture.

Le dépôt et les ateliers de réparation occupent une surface de 11 380 mètres carrés. Ils comprennent :

1° Une halle de 2 250 mètres carrés de superficie dans laquelle se trouve un atelier mécanique qui comprend une trentaine de machines-outils à fer et à bois : tours à roues, raboteuses, perceuses, scies, etc., mues par deux moteurs électriques. Sous cette halle se trouvent également les forges, les ateliers de peinture et de vernissage, les appareils de levage, 70 mètres de voies munies de fosses de visite et enfin les bureaux ;

2° Un magasin occupant une partie de la halle ci-dessus, plus une surface couverte de 95 mètres ;

3° Un pavillon servant de logement au chef du dépôt et au concierge.

Le reste du terrain est affecté à des voies de garage présentant un développement total de 1 120 mètres, non compris la voie principale de circulation ; ces voies sont couvertes sur une longueur de 520 mètres par des hangars.

Les stations sont réunies entre elles par téléphone ; en outre, les stations principales sont réunies directement entre elles avec l'usine génératrice de Bercy, les ateliers et le dépôt.

USINE ÉLECTRIQUE DE BERCY

L'énergie électrique nécessaire au service de la traction du Métropolitain doit être fournie par une usine génératrice, construite par la Compagnie à Bercy, sur le bord de la Seine, entre le quai de la Rapée (n° 46) et la rue de Bercy (nos 177 et 179) (fig. 52). Toutefois, jusqu'ici (avril 1901), et en attendant que cette usine soit en état de fonctionner, le courant électrique a été fourni par l'usine du Triphasé d'Asnières et par celle des Moulineaux, de la Compagnie générale de Traction.

Au commencement de l'exploitation, une partie de ce courant avait été fournie par l'usine de la Compagnie parisienne de l'Air comprimé, située quai Jemmapes, mais cette dernière fourniture a cessé en octobre 1900 et, depuis, ce sont les deux usines ci-dessus qui seules produisaient l'énergie électrique absorbée par le Métropolitain, tant pour l'éclairage que pour la traction. Depuis le mois de mai 1901, elles n'en produisent plus que le tiers, environ, les autres tiers étant fournis par les alternateurs de l'usine de Bercy. Il est probable qu'à partir de la fin du mois de juillet courant, l'usine de Bercy suffira, à elle seule, aux besoins du Métropolitain.

Le courant triphasé, à 5 000 volts, arrive d'abord à la sous-station de la place de l'Étoile où une partie est transformée en courant continu à 550 volts et utilisée pour la traction sur la partie Ouest du réseau en service. L'autre partie arrive dans son état primitif à l'usine du quai de la Rapée où elle est également transformée en courant continu à 550 volts pour la traction sur la partie Est.

DESCRIPTION GÉNÉRALE.

L'usine génératrice du Métropolitain, dont l'entreprise générale a été confiée à MM. Schneider et C^{ie} et qui a été construite par M. Friésé, architecte, comprend un bâtiment d'administration en façade sur le quai de la Rapée et distant de 12 mètres de l'usine proprement dite qui se compose elle-même de deux bâtiments accolés, l'un pour les chaudières, l'autre pour les machines (fig. 52 à 64).

Le bâtiment d'administration, en façade sur le quai de la Rapée (fig. 54 et 55), est isolé sur les côtés et par derrière, et n'est relié à l'usine que par une passerelle, à hauteur du premier étage. Au-dessus de deux étages en sous-sol, dans lesquels sont logées des

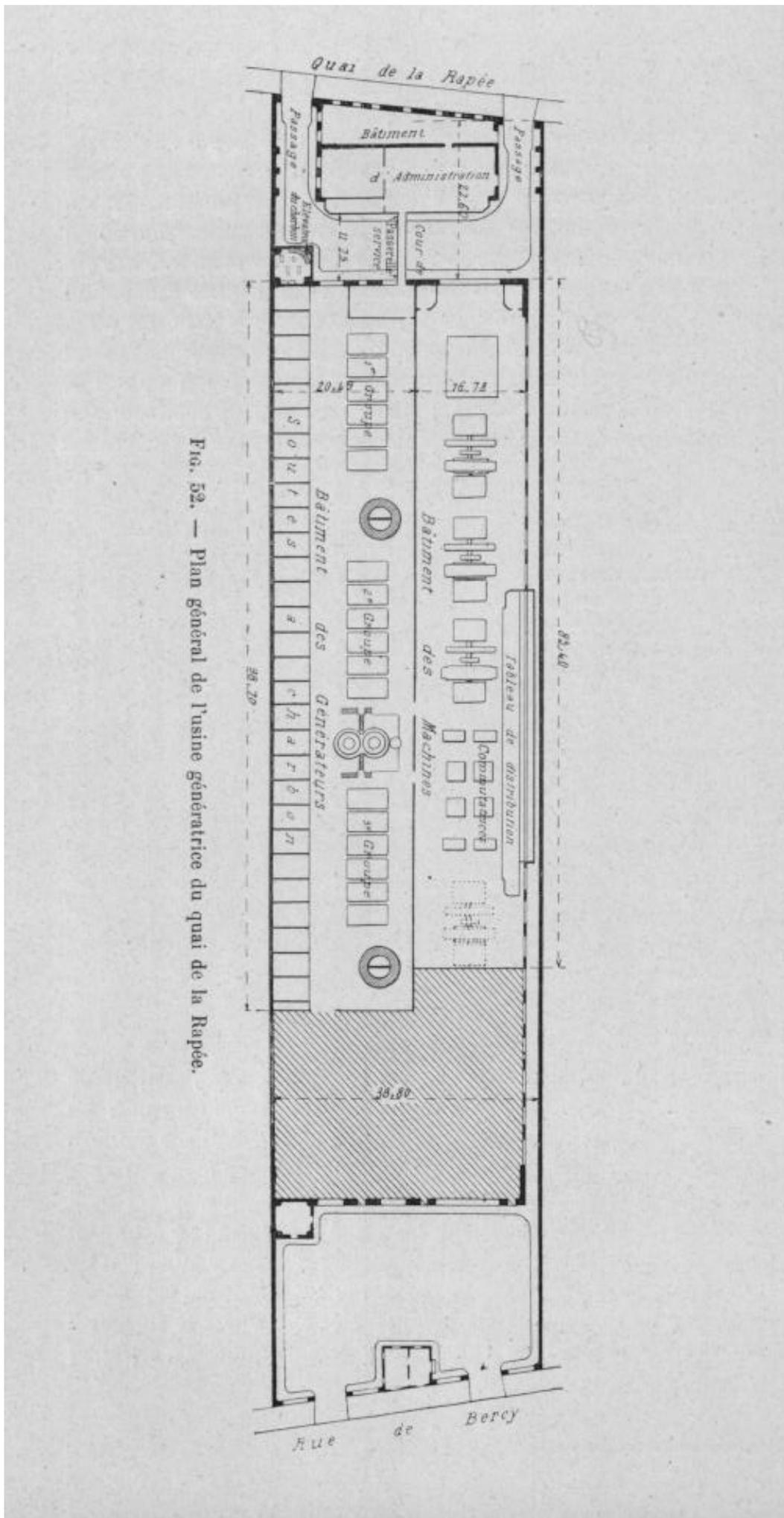


FIG. 52. — Plan général de l'usine génératrice du quai de la Rapée.

batteries d'accumulateurs, il contient : au rez-de-chaussée, des magasins et ateliers de réparations ; au premier et au deuxième étage, des bureaux pour le service de l'exploitation et de l'usine ; au troisième étage, des appartements pour le directeur et le sous-directeur de l'usine ; et, enfin, au quatrième étage, des logements pour les mécaniciens et électriciens.

Le bâtiment des machines (fig. 52) est établi pour recevoir quatre groupes électrogènes de 1 500 kilowatts chacun et quatre groupes de transformation de 750 kilowatts, ainsi que les machines auxiliaires, telles que pompe élévatoire, groupes d'excitation et

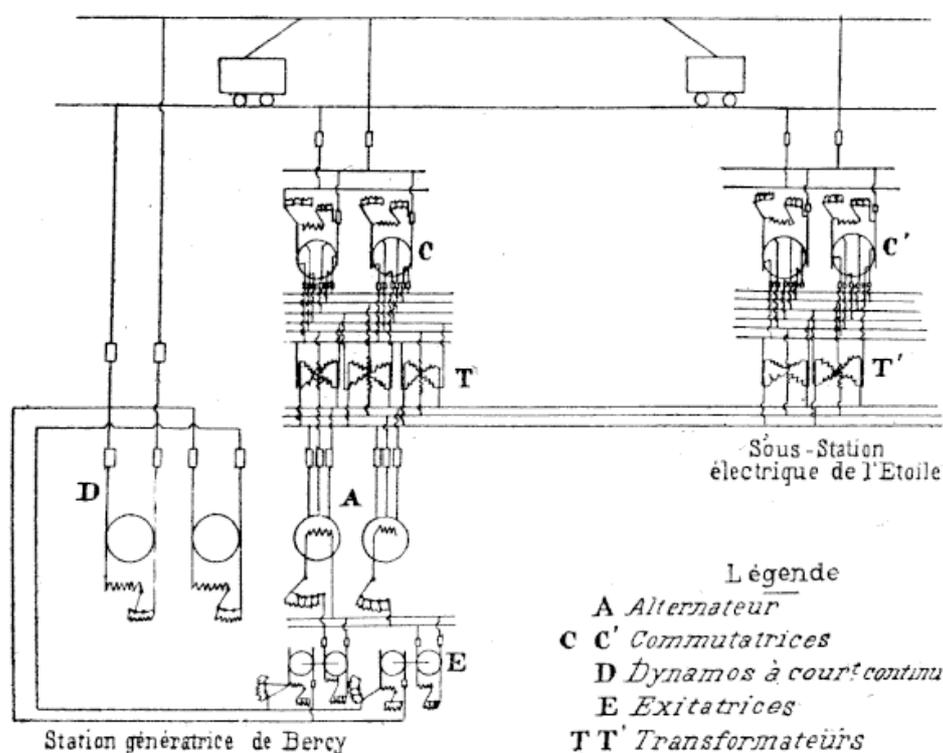


FIG. 53. — Schéma de la distribution électrique.

survolteurs des batteries d'accumulateurs. Il occupe actuellement une longueur de 85 mètres, mais l'espace disponible du côté de la rue de Bercy permettra l'extension ultérieure de ce bâtiment pour l'établissement de quatre nouveaux groupes électrogènes.

Le bâtiment des chaudières (fig. 52), un peu plus long que le précédent, contient trois groupes de six chaudières accouplées, ces groupes étant séparés par les réservoirs d'eau d'alimentation, les deux cheminées et les petits chevaux alimentaires.

Une troisième travée, parallèle aux chaudières, constitue les soutes à charbon, d'une capacité de 2 000 tonnes.

L'usine est desservie par deux aqueducs aboutissant à la Seine,

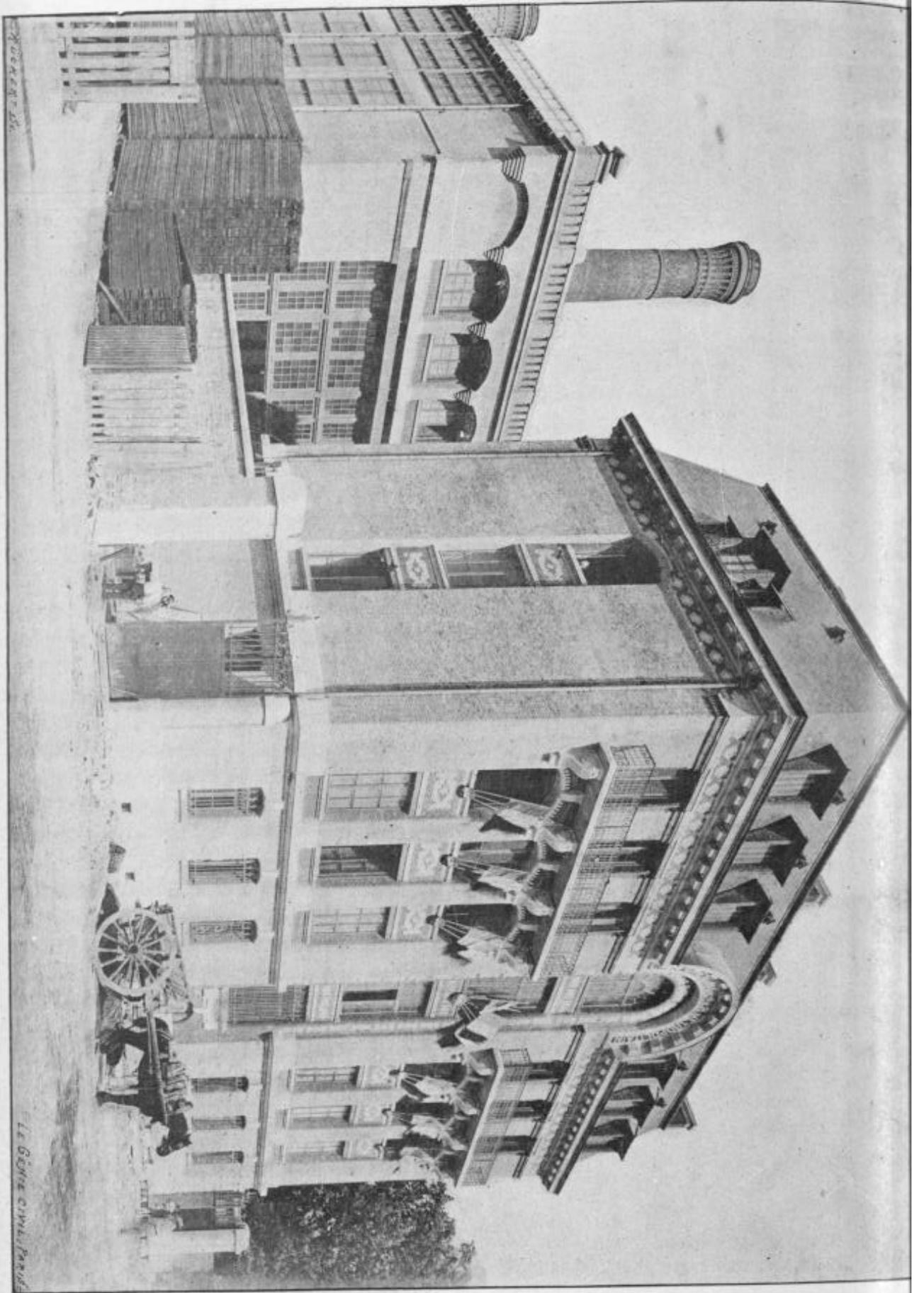


Fig. 51. — Vue générale de l'usine électrique de Bercy, prise du quai de la Rapée (côté aval), le 13 juillet 1900.]

pour les eaux d'alimentation et de condensation, et par un transporteur souterrain, débouchant sur le port, pour le charbon.

L'usine génératrice alimente directement la partie Est de la ligne Vincennes-Porte-Maillot et elle alimentera de même les parties voisines du réseau; les parties les plus éloignées seront desservies par la sous-station de l'Étoile et, ultérieurement, par d'autres sous-stations si cela est nécessaire. Toutefois ces deux centres d'alimentation fonctionnent en parallèle.

Normalement, le courant continu destiné à alimenter la partie Vincennes-Louvre sera fourni par la dynamo à courant continu D (fig. 54), mais, en cas de besoin, il pourra l'être également par des commutatrices C, alimentées par le courant triphasé produit par les alternateurs A, dont la tension aura préalablement été réduite dans des transformateurs statiques T'.

A la sous-station de l'Étoile, le courant continu sera fourni par les commutatrices C' alimentées par le courant triphasé provenant des alternateurs de l'usine de Bercy et dont la tension aura préalablement été réduite dans des transformateurs T'.

En outre, deux batteries d'accumulateurs Tudor, composées chacune de 260 éléments, sont installées, l'une à l'usine de Bercy et l'autre à la sous-station de l'Étoile, pour faire office de volant; elles sont munies de survolteurs.

PARTIE MÉCANIQUE.

Chaudières. — Les chaudières sont du type semi-tubulaire, à deux bouilleurs, reliés chacun par trois jambettes au corps tubulaire (fig. 1 et 2, pl. IV). Le tuyautage d'alimentation et le grand collecteur de vapeur sont disposés en boucle, avec interposition de vannes permettant de localiser une avarie; le premier est en cuivre et le second en fer rivé avec coudes en cuivre.

Les dimensions principales et les conditions de fonctionnement de ces chaudières sont les suivantes :

Timbre	kilogr.	10
Surface de grille, par corps	mètres carrés.	3,60
Surface de chauffe totale	—	244,60
Diamètre moyen des bouilleurs	mètres.	0,900
Épaisseur des tôles	—	0,0125
Diamètre moyen du corps tubulaire	—	2,200
Épaisseur des tôles du corps tubulaire	—	0,020
Épaisseur des plaques tubulaires	—	0,026
Diamètre des jambettes	—	0,450
Épaisseur des tôles	—	0,0014
Diamètre extérieur	} ordinaires	— 0,105
des tubes		

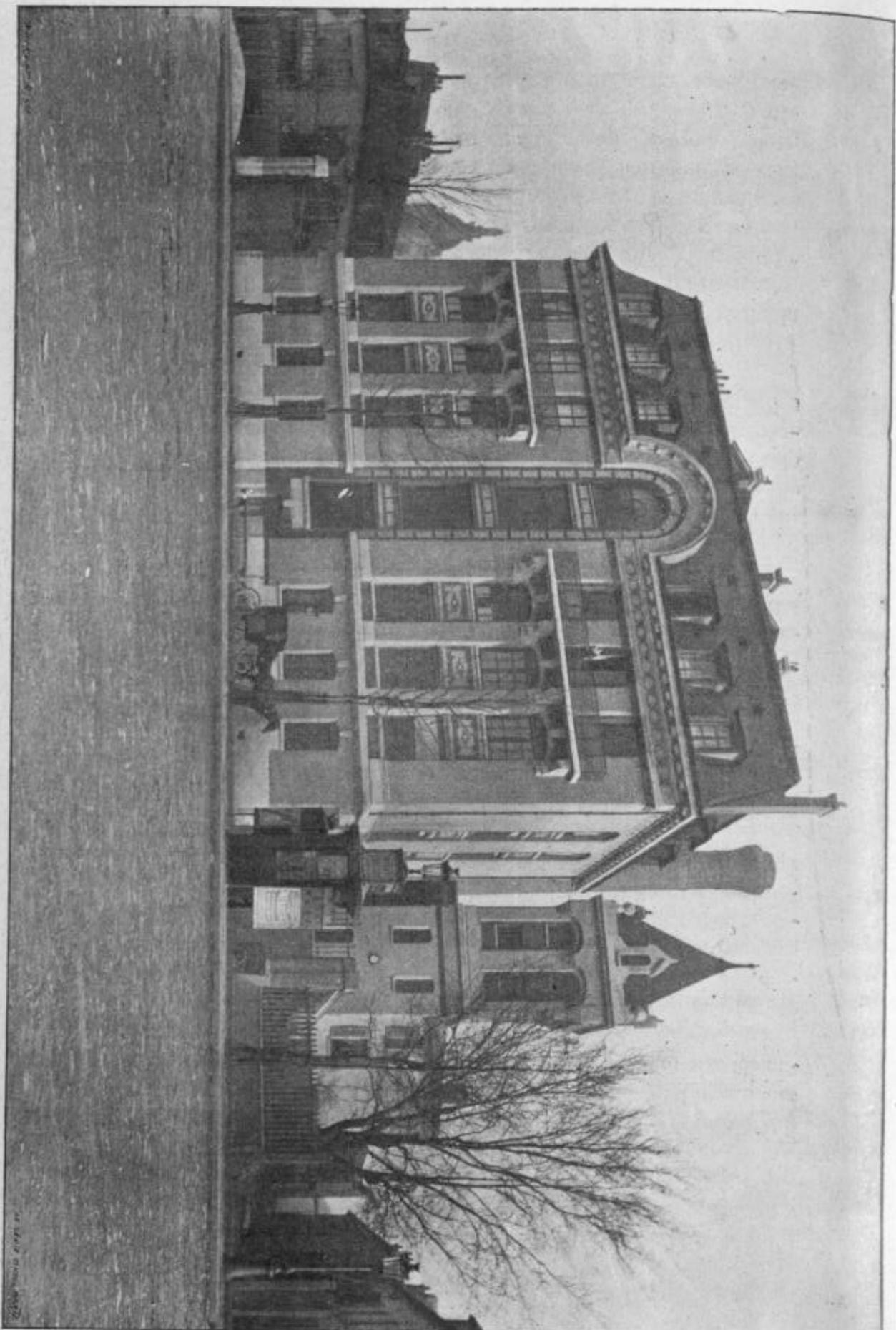


FIG. 55. — Usine électrique de Bercy; vue prise du quai de la Rapée (côté amont), le 20 février 1901.

Épaisseur des tubes	} ordinaires mètres.	0,0035
		tirants —
Volume d'eau	mètres cubes.	15,700
Volume de vapeur	—	9,800

Une passerelle, qui règne sur toute la longueur de la façade des chaudières, permet d'effectuer commodément le nettoyage des tubes ; c'est sur cette passerelle (fig. 59) que se tiennent les ouvriers chargés de surveiller l'alimentation.

L'eau d'alimentation, refoulée par les petits chevaux, traverse d'abord des réchauffeurs tubulaires qui reçoivent la vapeur d'échappement de ces derniers et de la pompe élévatoire, puis des compteurs et enfin les bouteilles où aboutissent les tuyaux collecteurs d'alimentation. Des by-pass permettent de passer directement des petits chevaux aux bouteilles, en cas d'avaries aux réchauffeurs et aux compteurs.

Le tuyautage de vidange des chaudières aboutit à un bassin de décantation dans lequel se déposent les eaux sortant des chaudières, lors de leur nettoyage et avant que ces eaux ne soient envoyées dans leurs aqueducs.

Les cendriers débouchent dans une galerie régnant sur toute la longueur de la chambre de chauffe et aboutissant à un monte-charge ; dans cette galerie circulent des wagonets pour l'enlèvement des cendres. La combinaison des soutes et de la galerie des cendres laisse entièrement libre la chambre de chauffe.

Transport mécanique du charbon. — Le charbon destiné à l'alimentation des générateurs est amené par bateaux en face de l'usine ; une grue électrique le prend dans ces bateaux et le déverse dans une trémie qui alimente un système de transporteurs et élévateurs ayant pour but de l'emmagasiner dans les soutes, après pesage automatique sur le parcours.

Ce système (fig. 56 à 58) se compose :

- 1° D'un transporteur souterrain, passant sous le quai de la Rapée, de 95 mètres de longueur d'axe en axe des roues extrêmes, composé d'un tablier métallique sans fin formé de palettes en tôle s'emboîtant les unes dans les autres et montées sur deux chaînes, type Burton, servant à l'entraînement. Ces palettes sont munies de galets qui roulent sur des chemins reliés au bâti de l'appareil ;
- 2° D'un élévateur constitué par une noria ou chaîne à godets, de 24^m 500 de hauteur d'axe en axe des roues extrêmes, et alimenté par le transporteur précédent. Cet élévateur se déverse

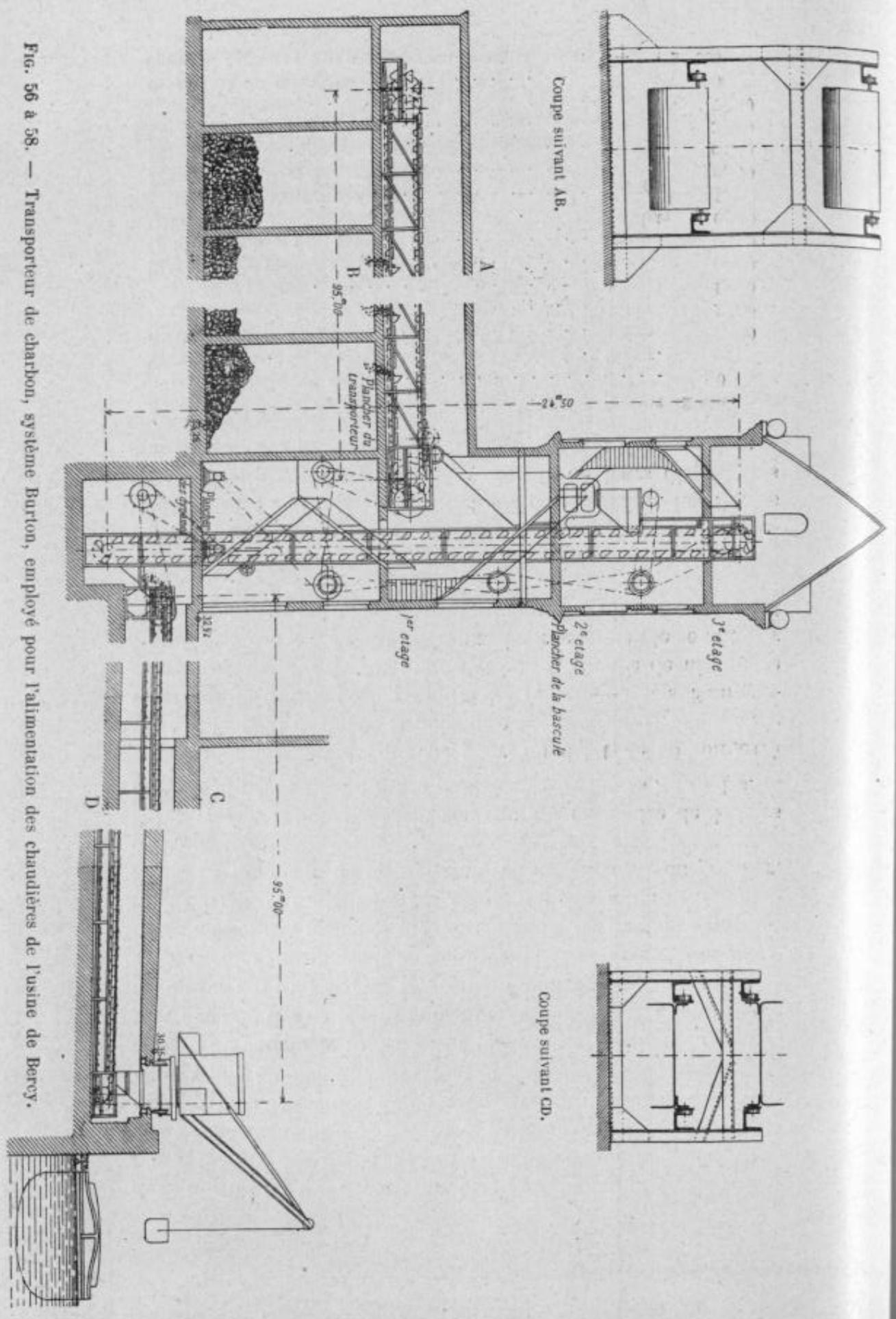


Fig. 56 à 58. — Transporteur de charbon, système Burton, employé pour l'alimentation des chaudières de l'usine de Bercy.

dans une trémie qui dessert une bascule automatique, poinçonnée par le Service des Poids et Mesures, et pesant une tonne à la fois. Les déclenchements d'ouverture et de fermeture des portes d'admission et d'évacuation du charbon dans la benne de cette bascule se font automatiquement ;

3° D'un deuxième transporteur recevant le charbon de l'élevateur par une trémie placée sous la bascule, et destiné à le conduire au-dessus des soutes dans lesquelles il doit être emmagasiné.

Ce dernier transporteur se compose d'une série de petits wagonnets de 60 litres, articulés sur deux chaînes de traction sans fin, type Burton, et roulant sur des chemins reliés à un bâti métallique. La longueur de cet appareil est, comme celle du premier, de 95 mètres.

Les wagonnets basculent leur contenu à la rencontre de butoirs mobiles et permettent ainsi le remplissage de toutes les soutes.

Ces appareils ont été prévus pour un débit de 60 tonnes à l'heure et, pour ce débit, la puissance nécessaire pour effectuer le transport du charbon à l'extrémité des soutes, — soit sur un parcours total de plus de 200 mètres et une différence de niveau de 10 mètres, — est de 20 chevaux. Leur commande se fait par dynamos et leur entretien ne nécessite que deux hommes pendant la marche.

Machines à vapeur. — Les machines à vapeur des groupes électrogènes sont verticales, compound et à condensation. Les figures 60 à 62 permettent de se rendre compte de leurs dispositions générales ; leurs principales caractéristiques sont les suivantes :

Puissance indiquée sur les pistons à vapeur.	chevaux	2 600
Nombre de tours par minute.		70
Pression initiale de la vapeur sur les petits pistons . .	kilogr.	9
Diamètre des petits cylindres	mètres.	1,100
Diamètre des grands cylindres.	—	1,800
Course des pistons	—	1,500
Diamètre des pistons de pompe à air.	—	0,900
Course des pistons de pompe à air.	—	0,400
Diamètres de l'arbre moteur dans les paliers. . . mètres	0,490 et	0,550
Longueur des paliers moteurs.	mètres.	1,000
Diamètre des tiges de pistons	—	0,170
Diamètre des boutons des manivelles motrices . . .	—	0,340
Longueur des bielles motrices	—	3,500
Diamètre du volant.	—	7,500
Poids total du volant, environ.	kilogr.	63 000
Poids de l'arbre moteur avec ses manivelles, environ.	—	20 000

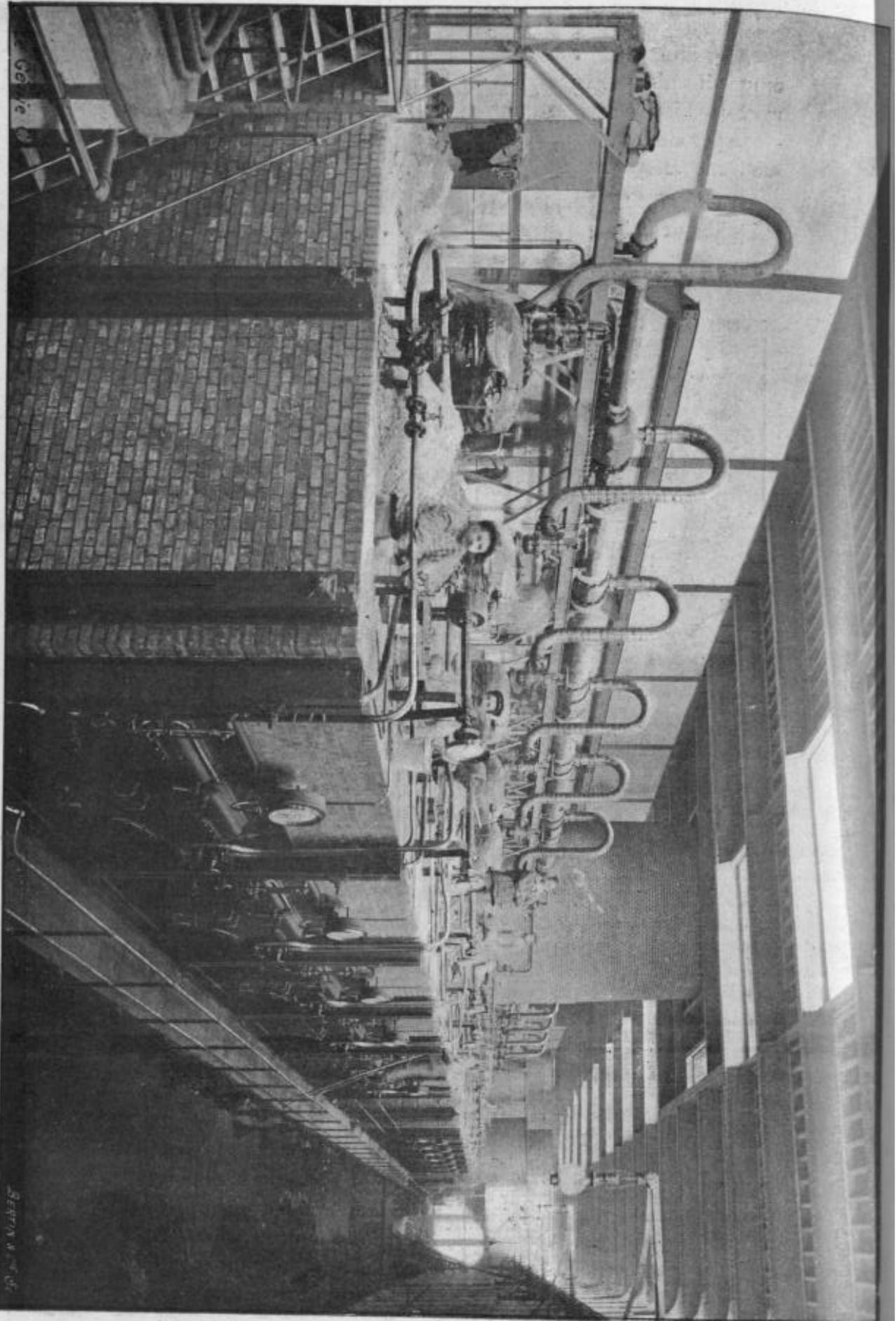


Fig. 59. — Salle des chaudières de l'usine électrique de Bercy; vue prise le 13 février 1901.

Le volant et la dynamo de chaque machine sont montés entre les cylindres, et un troisième palier est placé entre le volant et la dynamo (fig. 52 et fig. 1 et 3, pl. V). L'ensemble de la machine est établi sur un massif de fondation de 11 mètres de longueur, 10^m 50 de largeur et 12 mètres de profondeur ; les fondations de ces massifs ont nécessité l'emploi de caissons à air comprimé.

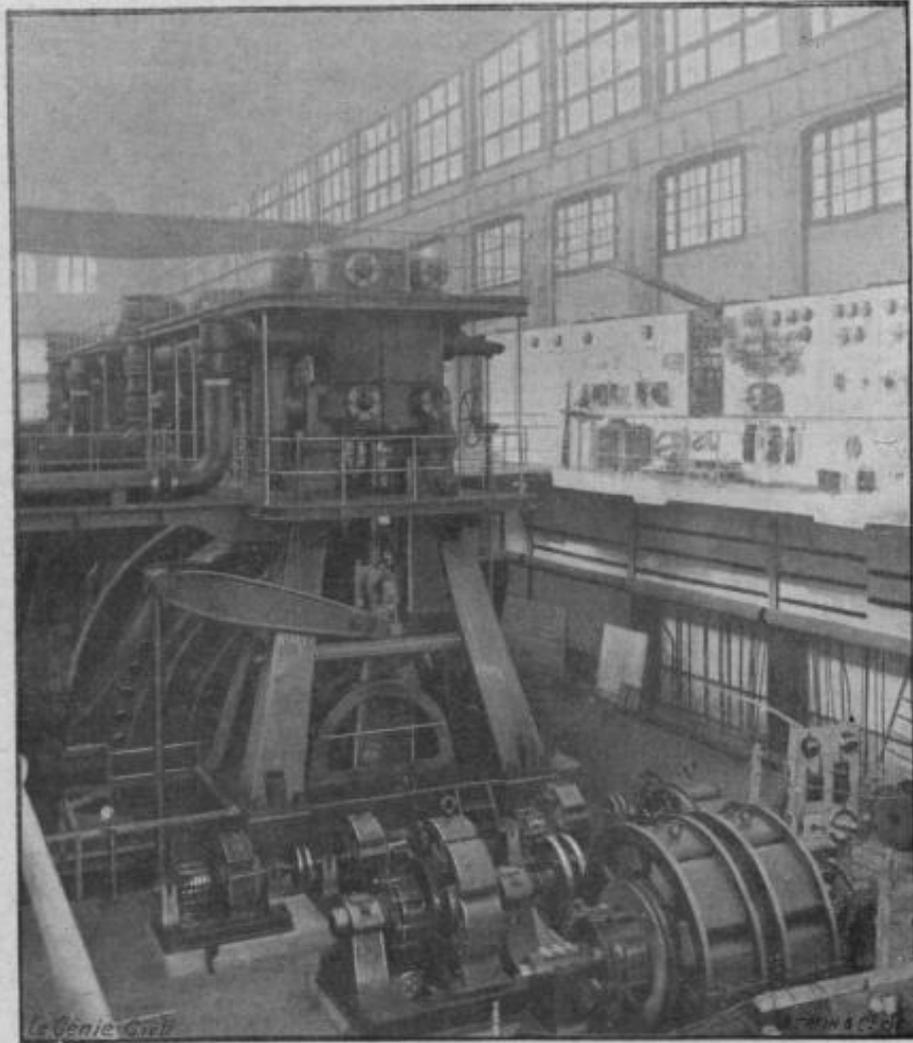


FIG. 60. — Vue des groupes électrogènes de l'usine de Bercy.

La distribution est du système Corliss, le déclat n'étant appliqué que pour l'admission du petit cylindre seulement.

Étant données les conditions de régularité à réaliser pour permettre l'accouplement en parallèle des différents groupes électrogènes du même type et les à-coups qu'ils auront à supporter, la régulation a fait l'objet de dispositifs spéciaux. Chaque machine

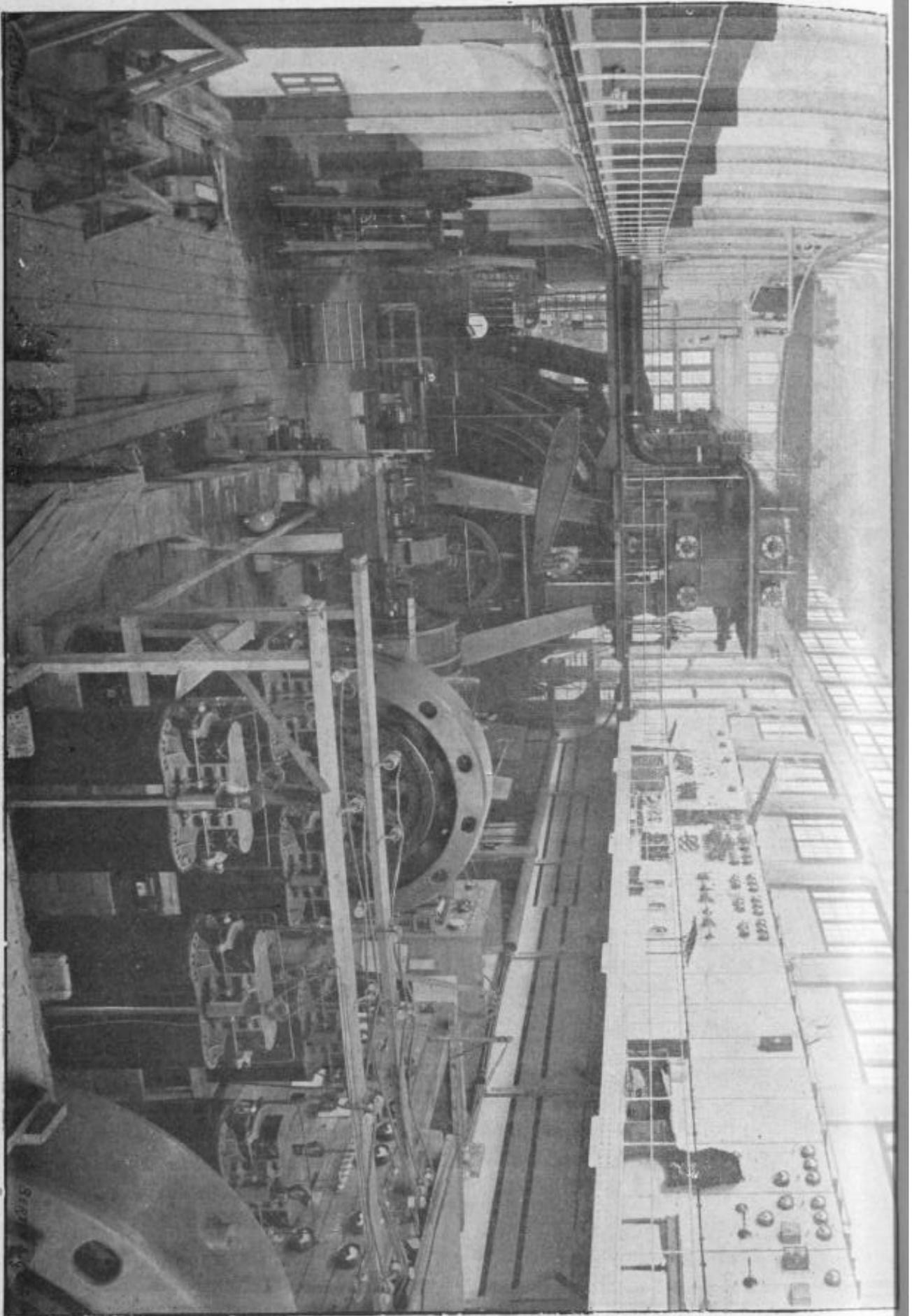


Fig. 61. — Salle des machines de l'usine électrique de Beroy; vue générale prise le 13 février 1901.

comporte deux régulateurs, l'un appliqué à la régulation proprement dite et agissant sur les déclics du petit cylindre, l'autre, intervenant par l'intermédiaire de servo-moteurs, pour éviter tout emballement résultant d'une décharge subite et agissant sur des valves placées à l'admission de chaque cylindre.

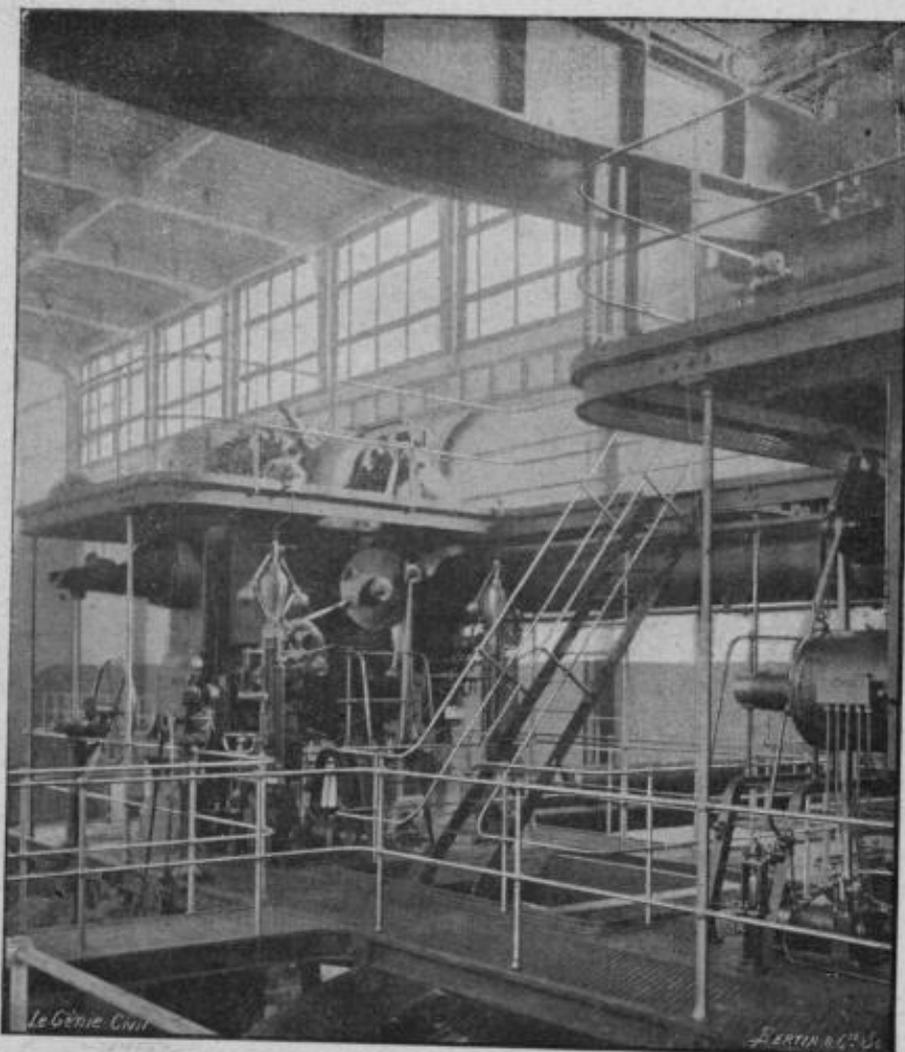


FIG. 62. — Vue de la partie supérieure des machines à vapeur des groupes électrogènes de l'usine de Bercy.

La vitesse de régime de la machine peut être modifiée à volonté, dans de certaines limites, en agissant sur le premier régulateur.

Chaque machine comporte deux pompes à air, mais une seule est suffisante pour assurer le fonctionnement.

Les purges des enveloppes de vapeur aboutissent à un réservoir

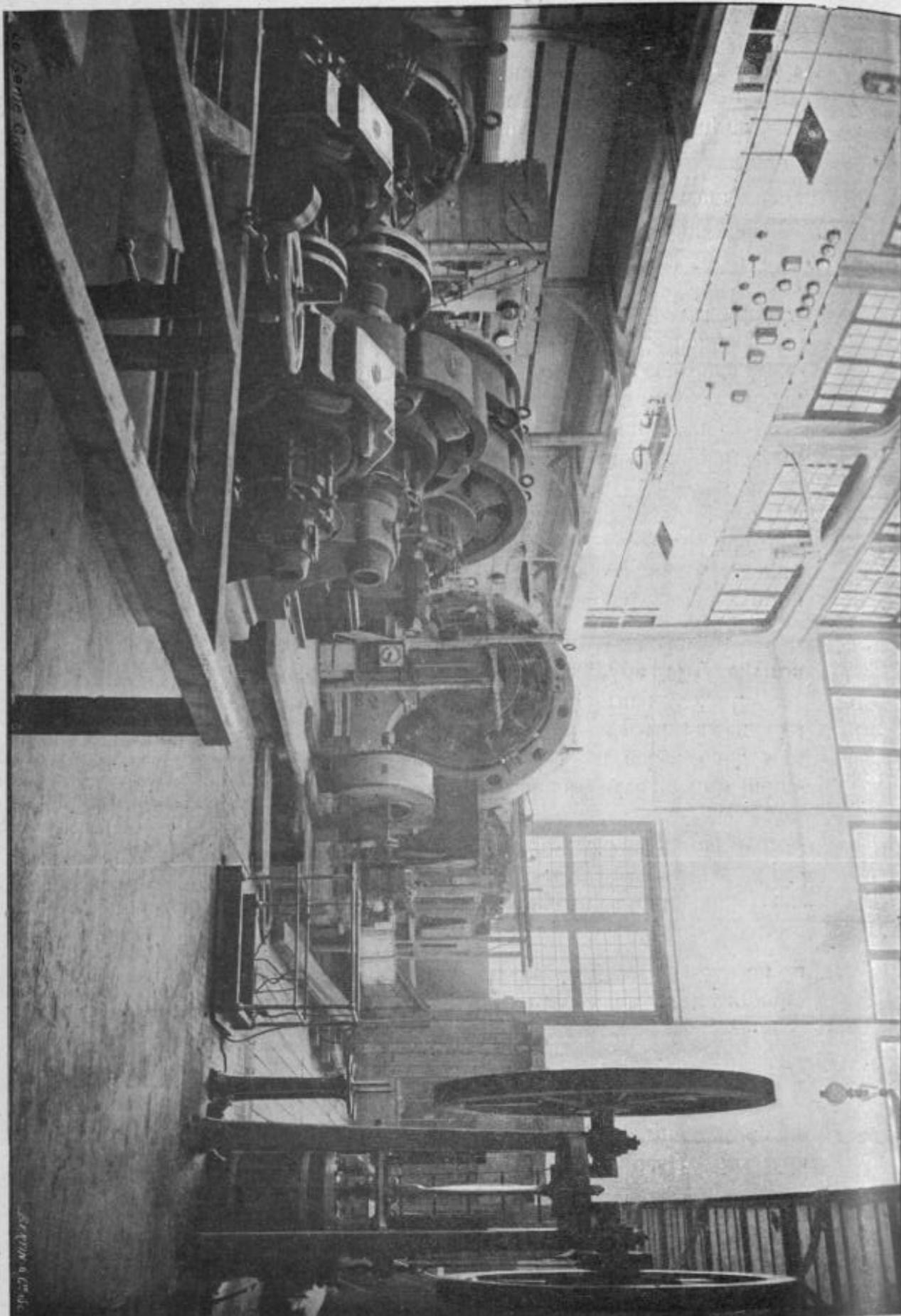


Fig. 63. — Usine électrique de Bercy; vue prise, du côté des groupes de transformation, le 20 février 1901.

spécial d'où une pompe les extrait pour être refoulées aux bouteilles d'alimentation.

Les huiles ayant servi sont recueillies dans des bassins d'où elles sont ensuite emmenées à des filtres qui permettent de les utiliser à nouveau.

PARTIE ÉLECTRIQUE.

L'usine comportera, comme nous l'avons dit, quatre groupes électrogènes, dont trois fournissant du courant triphasé et un du courant continu.

Alternateurs. — Les alternateurs triphasés sont établis pour fournir normalement 1 500 kilowatts sous 5 000 volts et 25 périodes ; mais ils peuvent facilement supporter un courant correspondant à 2 000 kilovolts-ampères.

Le système inducteur est à pôles radiants, avec bobines inductrices à ruban en cuivre nu. Ces pôles, en acier coulé, sont montés sur un moyeu en fonte formé de deux parties assemblées entre elles par des boulons et des frettes et formant volant.

La dépense d'excitation est, à pleine charge, de 1,5 % environ de la puissance des alternateurs.

Dynamo à courant continu. — La dynamo à courant continu est à induit à rainures et bobinages à barres à sections homopolaires en parallèle. Elle peut fournir normalement 1 500 kilowatts sous 600 volts, avec des écarts de tension ne dépassant pas 5 %, quelle que soit la charge.

L'inducteur comporte 20 pôles à saillies polaires rapportées ; il repose sur deux plaques de fondation permettant son centrage par rapport à l'induit. Ce dernier est formé d'un moyeu en fonte, calé sur l'arbre de la machine à vapeur, et d'une couronne également en fonte portant les tôles et le bobinage. Ce bobinage est formé de barres de cuivre isolées et placées dans des rainures pratiquées à la périphérie des tôles.

L'excitation est en simple dérivation.

On voit que, contrairement à ce qui a lieu dans les alternateurs, c'est le système induit de la dynamo qui est mobile et son système inducteur qui est fixe.

Dynamos auxiliaires. — Les dynamos auxiliaires comprennent les groupes d'excitation et les groupes survolteurs.

Ces groupes sont en réalité des transformateurs rotatifs formés

de deux dynamos distinctes accouplées. Les premiers, d'une puissance de 65 kilowatts chacun, transforment le courant de 600 volts en courant de 130 volts ; les seconds, d'une puissance nominale de 200 kilowatts, transforment le courant de 600 volts en courant de voltage variable automatiquement de 0 à ± 25 volts.

Les groupes d'excitation sont à excitation en simple dérivation ; chaque groupe est suffisant pour deux groupes électrogènes.

Les moteurs des groupes survolteurs sont excités en dérivation, tandis que les génératrices secondaires, placées en tension entre les sources à courant continu et les accumulateurs, sont, en

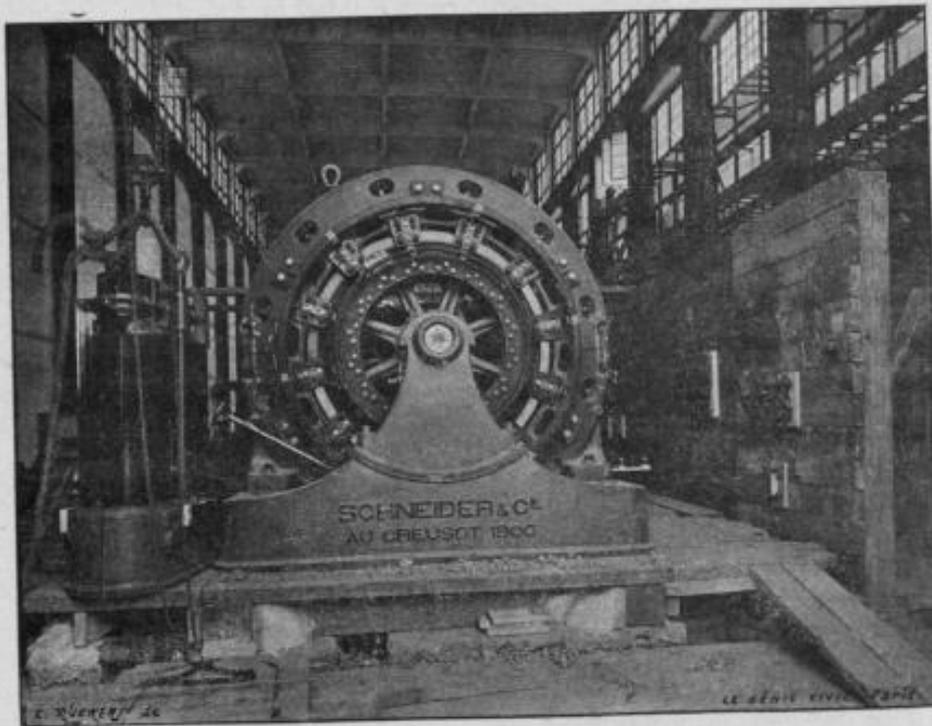


FIG. 64. — Commutatrice de l'usine de Bercy ; vue prise pendant son montage, le 13 juillet 1900.

principe, à excitation en série ; un fil à excitation indépendante est destiné à équilibrer le voltage des batteries suivant le régime de voltage de la distribution, et à forcer ce voltage pour la surcharge des batteries.

Le rôle des survolteurs est de faire intervenir efficacement les batteries, soit à la charge, soit à la décharge, de façon que la puissance fournie par les groupes électrogènes soit aussi constante que possible.

Groupes de transformation. — Les groupes de transformation de l'usine de Bercy sont prévus pour servir de rechange au groupe

électrogène à courant continu ou pour être employés au moment où la puissance nécessaire à l'alimentation du réseau ne dépasse pas 1 500 kilowatts. Ils ont pour but de transformer les courants triphasés à 5 000 volts, en courant continu à 600 volts.

Chaque groupe, d'une puissance de 750 kilowatts, comprend trois transformateurs monophasés réducteurs de tension de 5 000 à 430 volts, et une commutatrice transformant les courants de 430 volts en courant continu à 600 volts.

Les transformateurs sont à deux colonnes conjuguées, assemblées à leur partie inférieure à une culasse emboîtée dans le support de l'appareil. La culasse supérieure est amovible pour permettre la mise en place et le démontage des bobines. Ces transformateurs sont disposés pour être ventilés artificiellement ; le poids de chacun d'eux est de 6 tonnes environ. Ils sont connectés en triangle aux primaires, les secondaires étant indépendants.

Les commutatrices sont à peu près identiques comme construction à la dynamo à courant continu du groupe électrogène, mais elles comportent, en plus, six bagues reliées aux sections homopolaires du bobinage placées à 60 degrés l'une de l'autre. Elles sont à douze pôles et tournent à 250 tours ; le poids de chacune d'elles est de 26 tonnes. Ces machines sont mises en marche comme des moteurs à courant continu et synchronisées avec les alternateurs.

Tableau de distribution. — Le tableau de distribution constitue une des parties importantes de l'usine, mais sa description nous entraînerait trop loin. Il est d'ailleurs établi sur les principes admis actuellement pour des usines de cette importance et ne comporte que les appareils strictement nécessaires au fonctionnement de l'installation.

Batterie d'accumulateurs. — La batterie d'accumulateurs de l'usine génératrice, placée, comme nous l'avons dit, dans les sous-sols du bâtiment de l'Administration, a une capacité de 1 600 ampères-heure au régime de décharge en une heure ; elle peut sans inconvénient subir des à-coups de 3 000 ampères.

SOUS-STATION ÉLECTRIQUE DE LA PLACE DE L'ÉTOILE.

La sous-station électrique de la Place de l'Étoile est destinée, comme nous l'avons déjà dit, à fournir le courant à la partie Ouest de la fraction du réseau métropolitain. Elle reçoit, par des câbles armés, placés le long de la voie, le courant triphasé à 5000 volts engendré à l'usine de Bercy et, après l'avoir transformé en courant continu à 600 volts, elle le distribue dans la partie du réseau non directement alimentée par l'usine génératrice. De plus, elle comporte une puissante batterie d'accumulateurs destinée à faire office de volant, c'est-à-dire à assurer la régularité du voltage quel que soit le débit.

Cette usine secondaire est située au nord-est de la place de l'Étoile (fig. 3, pl. V), dans l'angle compris entre la ligne Vincennes-Porte Maillot et la branche Nord de la ligne circulaire, c'est-à-dire entre les avenues Hoche et de Wagram. Elle est entièrement établie en souterrain au niveau de la gare de la ligne Étoile-Porte Dauphine, soit à 12 mètres environ en contrebas du terre-plein.

Elle se compose de trois salles distinctes, savoir :

1° Une grande salle voûtée de 30^m 50 de longueur sur 13 mètres de largeur (fig. 4, 7 et 9, pl. V), contenant quatre transformateurs de 750 kilowatts et deux groupes survolteurs également de même puissance que ceux de l'usine génératrice. Les câbles d'amenée du courant triphasé pénètrent dans cette salle, dont le niveau est à 4 mètres au-dessous de celui des rails, par une galerie inclinée qui la réunit au souterrain de la ligne Vincennes-Porte Maillot, un peu avant l'entrée de celui-ci dans la station à voyageurs. Cette galerie sert en même temps à amener l'air nécessaire à la ventilation des différentes salles de la sous-station ; cet air est ensuite évacué au moyen de deux ventilateurs ;

2° Deux salles superposées de 22 mètres de longueur, composées chacune de deux travées de 7 mètres de largeur (fig. 4 à 8, pl. V) et contenant la batterie d'accumulateurs dont la capacité est un peu plus élevée que celle de Bercy.

L'air nécessaire à la ventilation de ces salles y est amené, à la partie inférieure, par une petite galerie faisant suite à la galerie inclinée dont nous venons de parler, et il est aspiré au sommet

des voûtes dans une galerie centrale réunie elle-même aux conduites d'aspiration du puits de ventilation.

La sous-station de l'Étoile comprend, en outre :

a) Une salle voûtée de 12^m20 de longueur sur 9 mètres de lar-

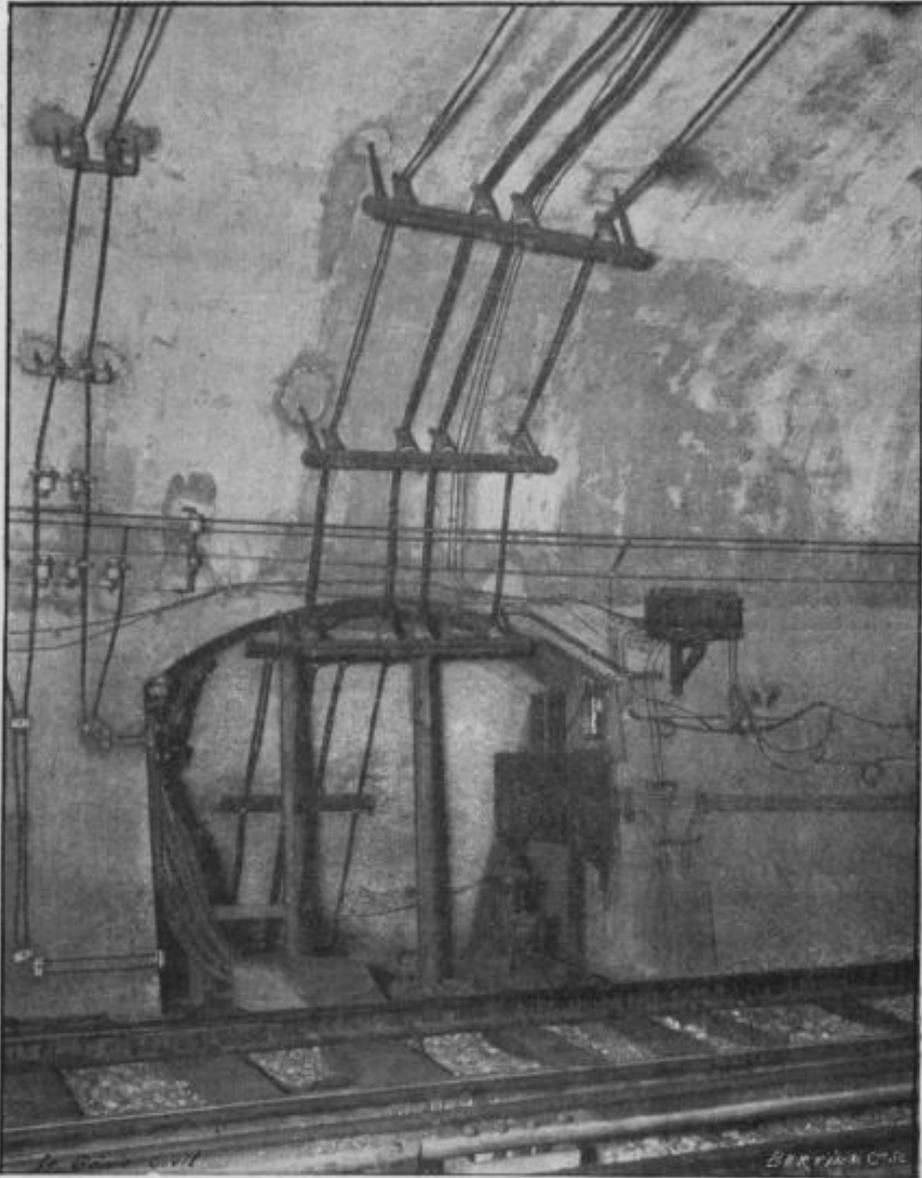


FIG. 65. — Galerie de sortie des câbles de la sous-station de l'Étoile.

geur, destinée à recevoir la machinerie devant fournir l'eau sous pression qui actionnera les ascenseurs (fig. 4, 6 et 10, pl. V);

b) Une cage d'ascenseurs (fig. 4 et 10, pl. V), renfermant deux ascenseurs mus par l'eau sous pression;

c) Un puits de ventilation (fig. 4 et 10, pl. V), à la tête

duquel seront placés deux ventilateurs hélicoïdes, du système Rateau. Chacun de ces ventilateurs, actionné directement par un moteur électrique, pourra fournir un débit de 10 000 mètres cubes d'air par heure, à la pression de 6 millimètres d'eau, en tournant à 430 tours par minute.

L'air nécessaire à la ventilation est pris, comme nous l'avons dit, dans le tunnel par une galerie qui contient également les câbles (fig. 65).

Un treuil de 12 tonnes, placé au-dessus du puits d'accès, a été établi pour la descente du matériel, et un monte-charge d'une

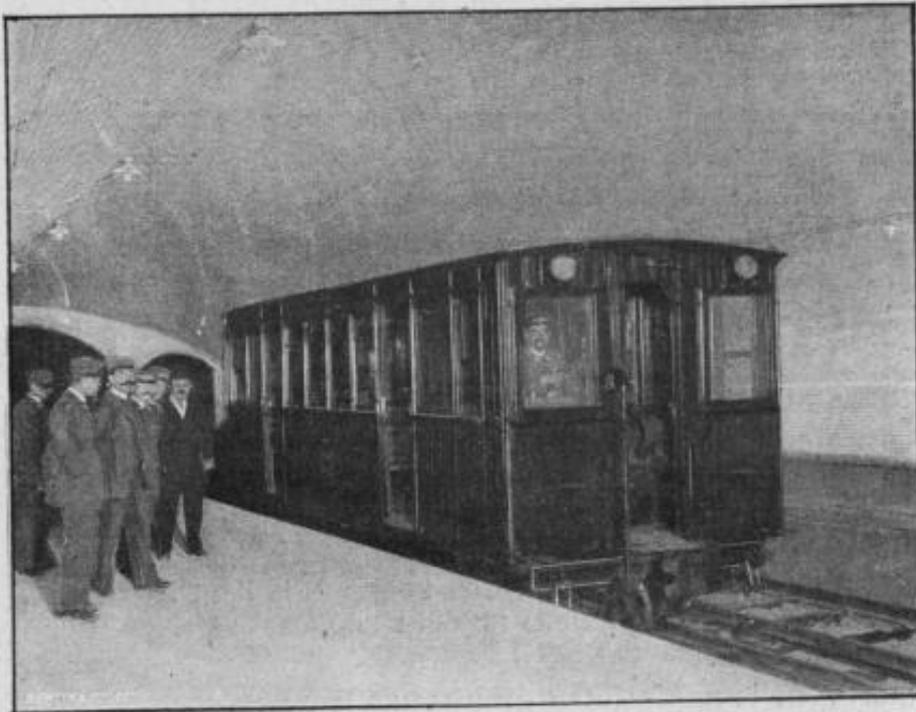


FIG. 66. — Voiture automotrice; vue prise dans la station de la Place de la Nation, le 13 juillet 1900.

tonne permet la manutention des matières nécessaires à l'exploitation de la sous-station.

Le tableau de distribution de la sous-station est, en principe, identique à celui de l'usine génératrice pour les appareils similaires, mais il comporte quelques dispositifs spéciaux, tels que la commande à distance, par l'air comprimé, des interrupteurs à haute tension.

La sous-station est reliée à l'usine par deux câbles triphasés

capables de transporter chacun normalement 1 500 kilowatts et logés dans le tunnel du Métropolitain.

L'usine génératrice de Bercy et la sous-station de l'Étoile fonctionneront en parallèle sur le réseau de distribution.

Actuellement (avril 1901), la sous-station ne sert encore guère qu'à la transformation du courant qui vient d'Asnières et qui est



FIG. 67. — Vue d'un train dans la gare de la Porte Maillot, prise le 13 juillet 1900.

employé sur la partie Ouest du réseau. Quant au courant produit à l'usine de Bercy, il est transformé à l'usine même, en courant continu, avant d'alimenter la partie Est de la ligne. Ainsi que nous l'avons vu plus haut, cette partie sera plus tard alimentée directement par le groupe électrogène qui doit fournir du courant continu.

EXPLOITATION DES LIGNES EN SERVICE

GÉNÉRALITÉS SUR LA CONSTRUCTION ET L'EXPLOITATION.

Nous avons vu que, quoique la voie de ce chemin de fer soit à l'écartement normal de 1^m 50, d'axe en axe des rails, le gabarit des voitures qui peuvent y circuler se rapproche cependant beaucoup plus du gabarit des voitures de chemins de fer à voie étroite que de celui des voitures circulant sur les grandes lignes.

On a pu ainsi réduire notablement les dimensions du tunnel dans lequel est établi le Métropolitain et gagner, par exemple, 2 mètres sur la largeur qui n'est, aux naissances, que de 7^m 10 au lieu des 9 mètres qu'elle atteint et dépasse quelquefois dans les tunnels à double voie normale ordinaire. Les figures 2 et 3 permettent de comparer le profil-type du Métropolitain à celui d'un chemin de fer à voie normale ordinaire.

Du fait de cette réduction de section, les dépenses se sont trouvées diminuées dans une assez grande proportion et les travaux notablement facilités, mais l'économie ainsi réalisée n'a malheureusement été obtenue qu'au prix de quelques inconvénients dont nous rappellerons les deux principaux. Hâtons-nous, d'ailleurs, de dire qu'il ne faut pas s'en exagérer l'importance puisque, tel qu'il est, avec le matériel restreint dont dispose la Compagnie concessionnaire, le Métropolitain peut, dès maintenant, desservir, ainsi que nous le montrerons plus loin, un trafic de plus de 4 000 voyageurs à l'heure dans chaque sens, trafic qui pourra être doublé lorsqu'on emploiera tout le matériel nécessaire.

La réduction du gabarit du Métropolitain en rend l'accès impossible aux voitures des grandes lignes, tandis que les voitures du Métropolitain pourraient circuler sans encombre sur les voies de ces dernières. On sait, d'ailleurs, que cette situation a été voulue par le Conseil municipal auquel elle a paru une garantie de l'autonomie qu'il avait eu tant de peine à obtenir pour son réseau urbain. Jusqu'ici cette façon de voir peut être diversement appréciée et nous nous bornerons à la signaler.

Un autre inconvénient de la réduction du gabarit du Métropolitain réside dans la diminution de largeur qu'il a fallu faire subir aux voitures. Au lieu d'avoir 3 mètres de largeur, comme

dans les chemins de fer ordinaires, celles du Métropolitain n'ont que 2^m 40 et, comme elles sont à couloir longitudinal, elles n'offrent que trois places en largeur au lieu de quatre que présentent, dans les mêmes conditions, les voitures des grandes lignes. Il en résulte une diminution de capacité qui ne peut être compensée que par un allongement ou une multiplication des trains, solutions qui ne sont pas, ni l'une ni l'autre, sans présenter quelques inconvénients ainsi que nous le verrons plus loin.

Jusqu'ici l'exploitation des lignes en service s'est faite au moyen de trains composés de quatre voitures, dont une automotrice placée en tête et prenant le courant électrique sur un troisième rail à l'aide de frotteurs. Nous rappellerons que ces voitures (voir planche IV) ont environ 9 mètres de longueur et peuvent contenir normalement 50 personnes dont 30 assises. On a admis, en effet, que, par suite du peu de durée des trajets à effectuer, il n'y avait pas d'inconvénient à admettre dans les voitures un nombre de voyageurs notablement plus grand que celui qui peut trouver place pour s'asseoir. Vingt personnes peuvent assez facilement se tenir debout dans le couloir qui règne tout le long de la voiture, mais lorsque ce nombre est notablement dépassé, ce qui, malgré la défense de l'Administration, arrive constamment pendant les moments de grande affluence de voyageurs, il en résulte une véritable gêne pour monter ou descendre de voiture. C'est donc avec raison que l'Administration s'efforce de limiter le nombre de voyageurs qui peuvent s'introduire dans une même voiture, mais il faut reconnaître que, la plupart du temps, malgré les prescriptions de la Préfecture de Police, les employés sont impuissants à retenir les voyageurs pressés et à les empêcher de monter dans des voitures déjà surchargées.

On sait que, dans chaque voiture, l'entrée des voyageurs se fait par la porte coulissante qui est à l'avant, et la sortie par une porte semblable située à l'arrière. Cette disposition, jointe à ce que le niveau du plancher des voitures n'est qu'à quelques centimètres au-dessus de celui du quai, facilite beaucoup le mouvement des voyageurs et permet de réduire notablement la durée des arrêts.

La ligne A, ouverte à l'exploitation le 19 juillet 1900, qui va de la porte de Vincennes à la porte Maillot, en traversant Paris de l'est à l'ouest (pl. I) dans sa partie centrale, passe sous la chaussée d'une de ses principales artères, la rue de Rivoli, et est, par suite, appelée à desservir un mouvement de voyageurs très important.

Il y a dix-huit stations de la porte Maillot à la porte de Vin-

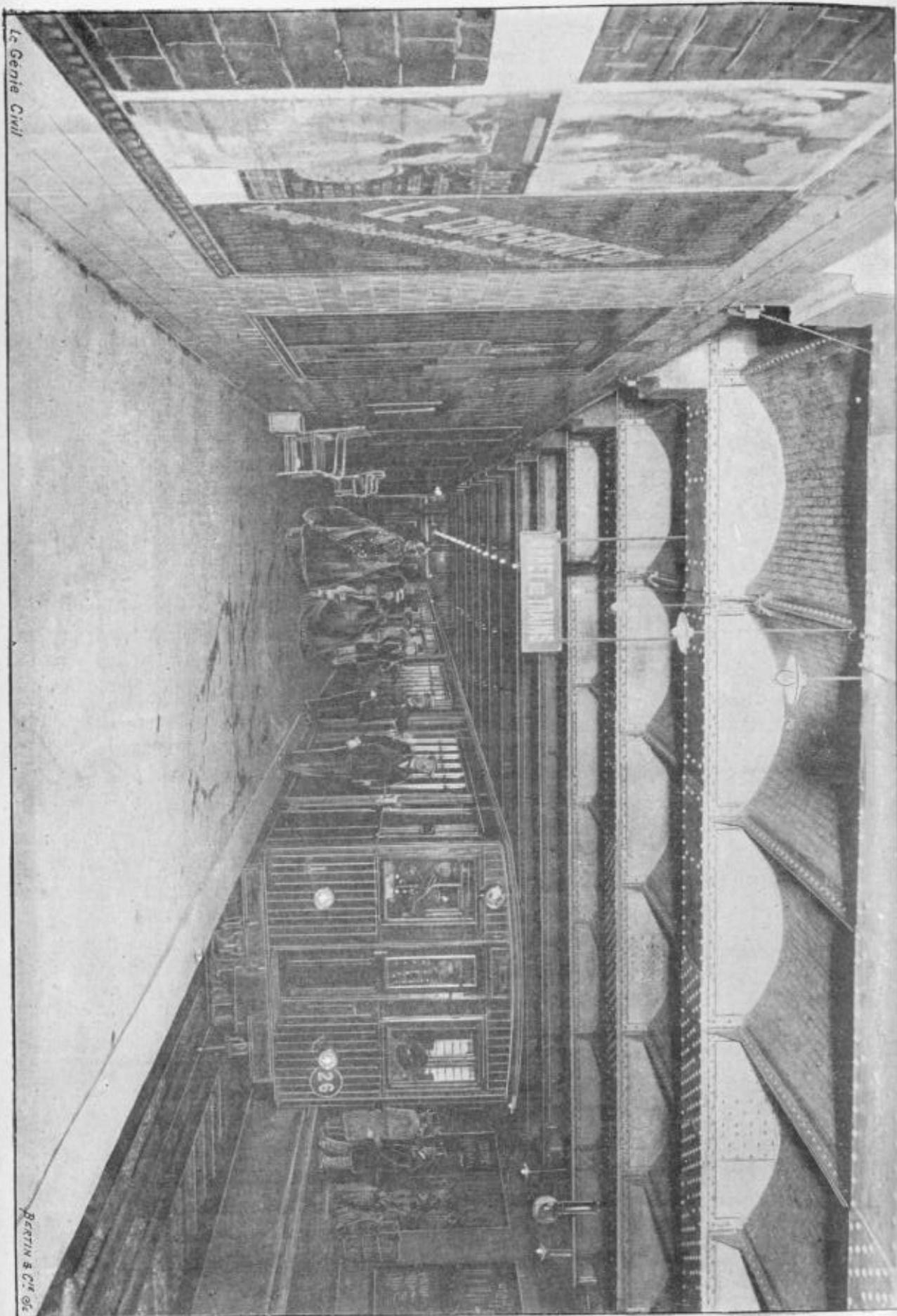


FIG. 68. — Station du Palais-Koyai; vue prise le 5 février 1901, au moment de l'arrivée d'un train.

cennes pour un parcours de 10^{km} 663, soit une distance moyenne d'environ 625 mètres entre chaque station. Sur une ligne où les stations sont aussi rapprochées, on conçoit que la durée des arrêts constitue un facteur très important de la vitesse commerciale et qu'il y ait grand intérêt à réduire cette durée à sa plus faible limite. Grâce aux dispositions indiquées ci-dessus, on est arrivé, au bout de quelques mois d'exploitation, à réduire la durée des arrêts à 10 ou 15 secondes et quelquefois même à moins.

On s'est également attaché à réduire, autant que possible, le temps employé pour arrêter les trains et pour les remettre en marche. Or, l'un des nombreux avantages que présente la traction électrique est précisément de faciliter les démarrages et les freinages. Maintenant que les mécaniciens sont bien exercés, la durée des démarrages est, le plus souvent, inférieure à 10 à 15 secondes et celle des freinages à 8 à 10 secondes.

On voit donc que la durée totale des arrêts : freinage, arrêt proprement dit et démarrage, peut ne pas dépasser une demi-minute. Le trajet total de la porte de Vincennes à la porte Maillot, et *vice versa*, s'effectue d'ailleurs en 30 minutes, ce qui fait une vitesse commerciale de 21 kilom. à l'heure, tandis que la vitesse maximum ne dépasse généralement pas 30 kilom. à l'heure.

Cette extrême réduction de la durée des freinages et des démarrages ne présente pas de sérieux inconvénients pour les voyageurs assis, mais il faut convenir qu'elle est assez gênante pour les voyageurs obligés de rester debout et que ces brusques mouvements projettent les uns contre les autres. Cette gêne n'est tolérable que grâce à la brièveté des trajets ; or l'immense majorité des voyageurs, loin de faire la totalité du parcours, c'est-à-dire de traverser complètement Paris, emploie le Métropolitain pour se rendre de la périphérie au centre et *vice versa*, c'est-à-dire n'effectue qu'un parcours de 4 ou 5 kilom. et même moins. Le voyage accompli par la plus grande partie du public se réduit donc à 10 ou 15 minutes et même, dans beaucoup de cas, à quelques minutes, et c'est ce qui explique pourquoi les voyageurs acceptent d'être un peu secoués à l'arrivée et au départ des stations.

Pour un public n'effectuant ainsi que de petits parcours, il y a grand intérêt à réduire autant que possible l'intervalle entre les trains afin que le temps employé à attendre leur passage ne soit pas une fraction importante de la durée du trajet. De plus, il est nécessaire que le public soit assuré d'avoir toujours de la place dans les voitures et de ne pas se trouver en présence du fasti-

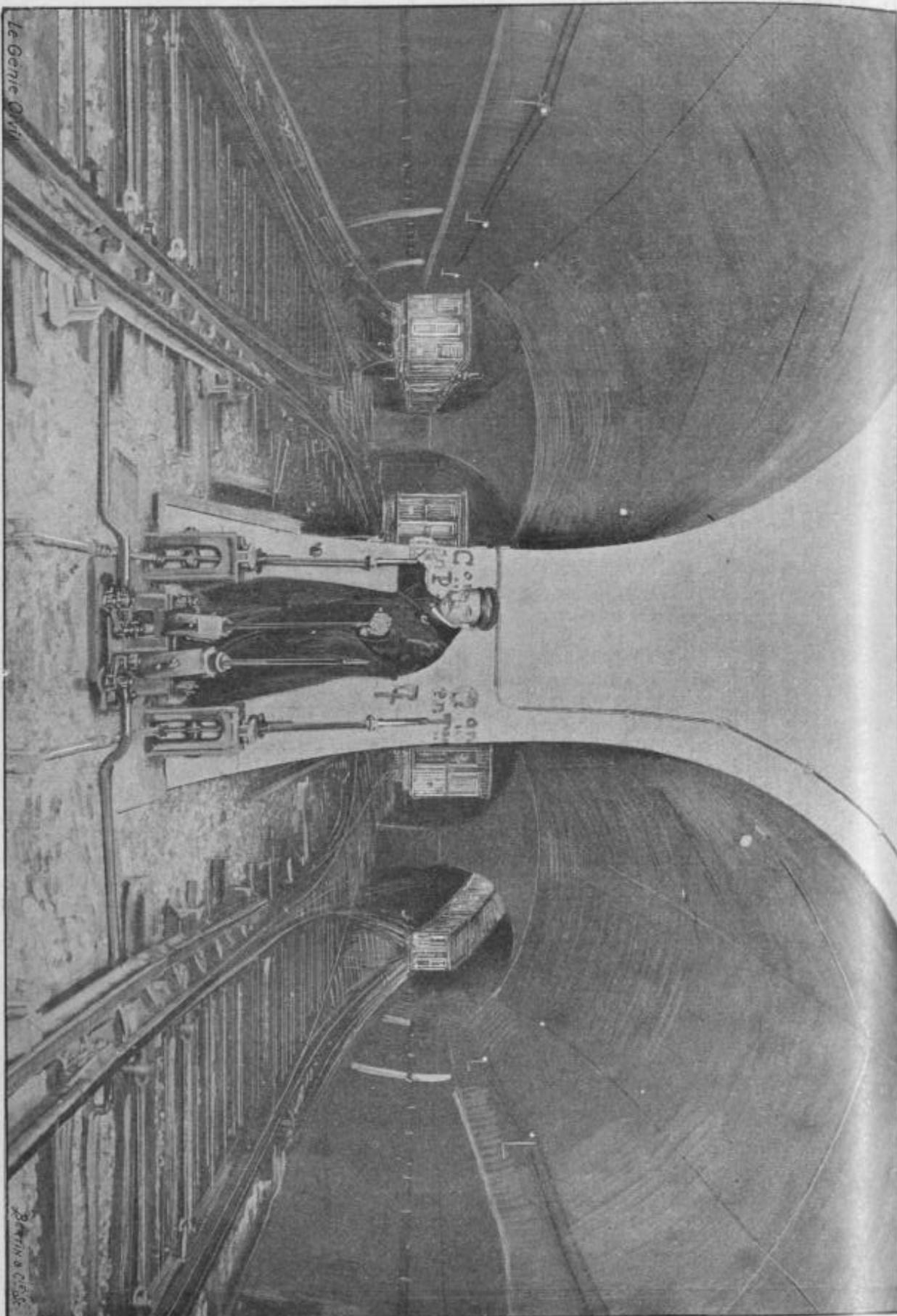


Fig. 69. — Bifurcation des voies des stations d'arrivée et de départ du terminus de la Porte de Vincennes. Vue prise le 11 février 1901.

dieux « complet partout » qui règne beaucoup trop souvent dans les tramways et omnibus parisiens.

Actuellement les trains se succèdent, dans chaque sens, toutes les trois minutes, jusqu'à 8 heures du soir, et toutes les six minutes jusqu'à 1 heure du matin.

Quant au nombre de voitures mises à la disposition du public, qui est actuellement au maximum de quatre par train, il est à peu près suffisant pendant une partie de la journée, mais il est



FIG. 70. — Station de l'Étoile (ligne de Vincennes-Porte Maillot) :
vue d'une baie de communication avec la station accolée
de la ligne Étoile-Trocadéro.

beaucoup trop faible aux heures de grande affluence et la Compagnie se préoccupe de l'augmenter. Nous verrons un peu plus loin comment elle se propose de pourvoir à cette augmentation.

AVANTAGES DU MÉTROPOLITAIN SUR LES AUTRES SYSTÈMES DE TRANSPORTS EN COMMUN.

Les quelques indications qui précèdent permettent de se rendre compte des très grands progrès que réalise le Métropolitain, au point de vue de la rapidité des transports, sur les autres modes de transports en commun employés à Paris. La réduction à deux

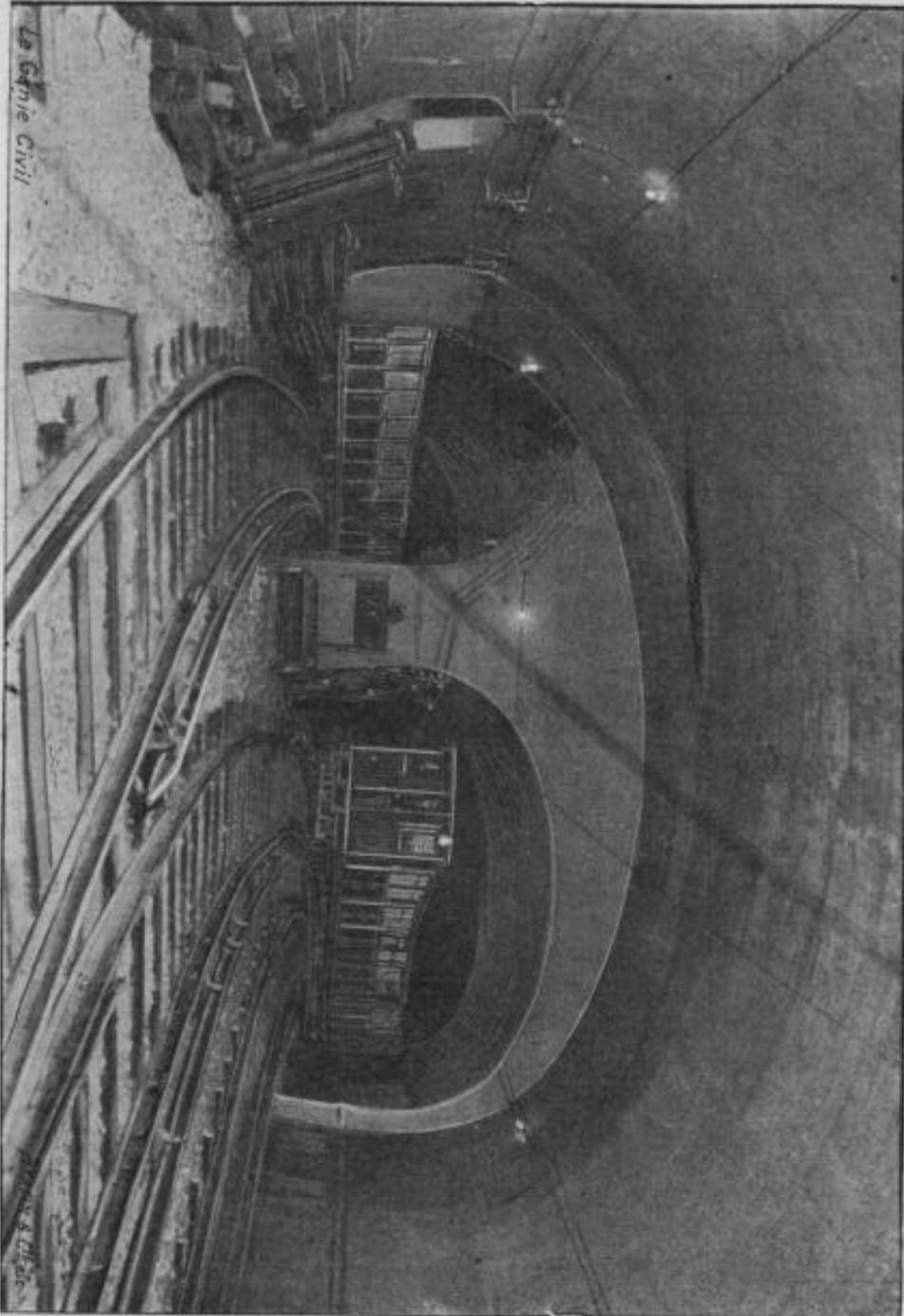


Fig. 71. — Bifurcation de l'Étoile; vue prise le 5 février 1901.

ou trois minutes au plus des attentes aux stations et la rapidité du trajet procurent à elles seules des avantages assez grands, non seulement pour faire préférer le nouveau mode de transport aux omnibus et aux tramways, mais encore pour inciter à s'en servir les voyageurs qui, n'ayant qu'un faible trajet à effectuer, préfèrent l'accomplir à pied plutôt que d'attendre quelquefois dix minutes ou un quart d'heure une voiture dans laquelle ils ne sont même pas certains de trouver de la place.

Nous ne parlerons pas de l'économie que procure le Métropolitain en permettant d'effectuer ses parcours, à couvert, pour le

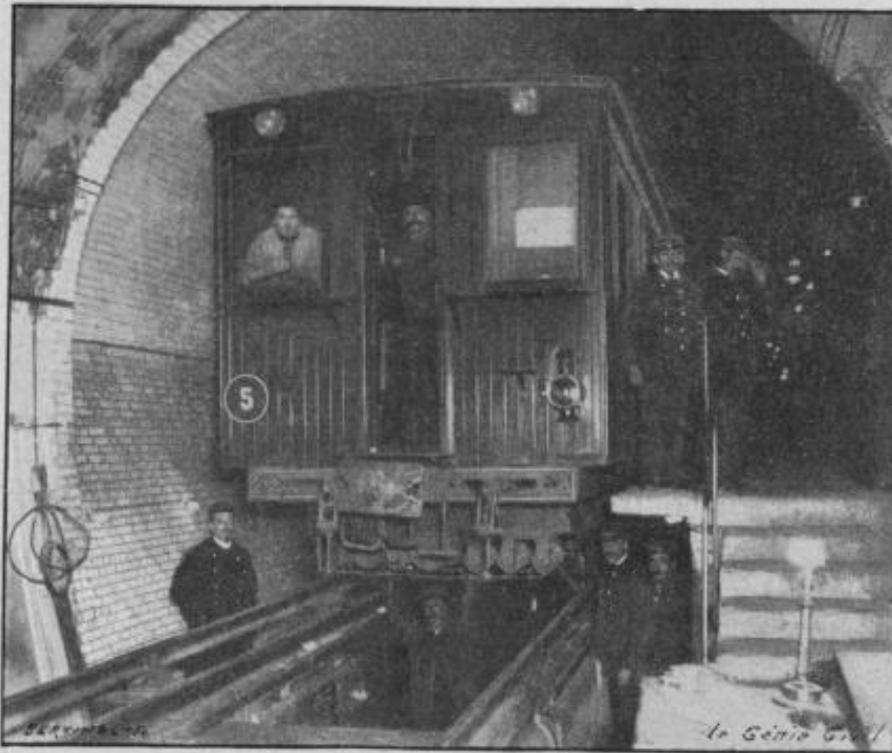


FIG. 72. — Vue de la fosse de visite des automotrices à la station de Vincennes.

prix de 0 fr. 15, tandis que, pour jouir de la même faculté, il faut payer 0 fr. 30 dans les omnibus et tramways. Ceux-ci délivrent, en revanche, des billets de correspondance permettant d'effectuer sans frais un deuxième parcours, de sorte que leur usage peut être quelquefois plus économique que celui du Métropolitain puisque, dans certains cas, l'emploi de ce dernier ne dispense pas d'avoir recours à eux.

Les seuls avantages que nous avons déjà énumérés seraient suffisants pour justifier l'empressement avec lequel la population

parisienne a accueilli le nouveau mode de transport mis à sa disposition. Il convient cependant d'ajouter, qu'au point de vue du confort, le Métropolitain réalise également une sérieuse amélioration sur les services d'omnibus et même de tramways, tels qu'ils sont organisés à Paris. Il évite, en effet, les longues attentes aux stations pendant lesquelles les malheureux voyageurs, livrés à la pluie et à toutes les intempéries, sont condamnés à surveiller l'appel des numéros d'ordre et à se bousculer les uns les autres pour atteindre la voiture lorsque leur tour d'y monter est enfin arrivé. Dans les stations du Métropolitain, au contraire, non seulement l'attente n'est, à part de rares exceptions, que de très courte durée, mais encore elle se fait dans des endroits abrités et les voyageurs, délivrés du souci des numéros d'ordre, n'ont pas à piétiner dans la boue et à se heurter les uns les autres avec leurs parapluies, comme cela se voit trop souvent aux stations d'omnibus et de tramways.

Il est vrai de dire que le trajet en souterrain est beaucoup moins agréable que celui qui s'effectue dans les rues animées de la capitale et il semble qu'il y ait là, pour le Métropolitain, une véritable cause d'infériorité. Cette objection perd presque entièrement son importance si l'on remarque que l'immense majorité des voyageurs qui utilisent les transports en commun sont des gens qui, soit qu'ils aillent à leurs affaires ou à leurs plaisirs, recherchent dans ces moyens de transport, non seulement l'économie, mais aussi la plus grande rapidité possible. La plupart d'entre eux, effectuant presque constamment les mêmes trajets, s'intéressent fort peu au spectacle plus ou moins agréable que peuvent présenter les rues qu'ils parcourent et une de leurs préoccupations est assurément de pouvoir chasser, par la lecture, l'ennui de leurs voyages quotidiens. A ce point de vue, les voitures du Métropolitain, brillamment éclairées à l'électricité, leur paraissent infiniment préférables aux omnibus ou aux tramways qui ne sont presque pas éclairés et dans lesquels il est à peu près impossible de lire dès que la nuit tombante est arrivée.

Un reproche que l'on peut, à plus juste titre, adresser au tunnel du Métropolitain, c'est que sa ventilation paraît être, au moins pour le moment, insuffisante. Cette ventilation n'est assurée que par les courants d'air que crée le mouvement des trains et par les couloirs donnant accès aux quais des stations; cependant, étant donné le peu de distance qui existe entre ces stations, le renouvellement de l'air du tunnel serait sans doute suffisant s'il n'exis-

tait pas une cause, momentanée, de viciation de cet air. Les traverses de la voie, fortement injectées de créosote, répandent, en effet, une odeur qui, pour n'être pas malsaine, n'en est pas moins désagréable, du moins à beaucoup de gens, et il est probable qu'une ventilation plus active atténuerait sensiblement cette odeur. Il est vrai que pour obtenir ce résultat il faudrait peut-être créer, à l'aide de ventilateurs ou de puits d'aérage, des courants d'air pernicieux et plus désagréables encore que l'odeur dont on se plaint actuellement et qui disparaîtra, peu à peu, avec le temps. Cette odeur a d'ailleurs déjà sensiblement diminué.

Quoi qu'il en soit, il faut espérer que la Compagnie, instruite par cette première installation, emploiera à l'avenir des traverses injectées avec un produit inodore.

TRAFIC ET RECETTES.

Après avoir rappelé les différentes causes pour lesquelles le Métropolitain devait fatalement obtenir la faveur du public, il nous paraît intéressant de donner ici le nombre de voyageurs qu'il a transportés depuis sa mise en service, le 19 juillet 1900, jusqu'au 31 mai 1901, ainsi que les recettes correspondantes :

Ligne de la Porte de Vincennes à la Porte Maillot.

MOIS	NOMBRE DE VOYAGEURS	RECETTES	NOMBRE de trains kilométriques
		francs	
Du 19 au 31 juillet 1900.	557 612	89 605,45	22 866
Mois d'août	1 799 686	282 914,95	79 516
— de septembre	3 185 456	495 550,10	125 969
— d'octobre	3 793 547	578 298,90	159 917,8
— de novembre	3 582 583	535 836,85	196 153,2
— de décembre	3 938 490	587 096,80	213 107
Janvier 1901.	3 779 344	572 272,45	187 058,3
Février —	3 670 481	558 105,75	184 287,6
Mars —	4 330 944	648 746,05	212 653,8
Avril —	4 653 409	705 187,75	209 275,4
Mai —	4 657 961	704 512,60	214 524,4
TOTAUX	37 949 513	5 758 127,65	1 805 328,5

Les chiffres de ce tableau montrent non seulement la rapidité avec laquelle le trafic s'est développé mais encore que, contrai-

rement à ce que l'on avait pu penser tout d'abord, le nombre des voyageurs n'a nullement diminué après la fermeture de l'Exposition, du moins sur la ligne principale, et qu'il continue même à s'accroître.

Sur l'embranchement Étoile-Trocadéro, ouvert à l'exploitation le 2 octobre, le tableau ci-après montre qu'au contraire le trafic a notablement baissé après la fermeture de l'Exposition, ce qui est tout naturel, étant donné le quartier peu animé auquel aboutit cet embranchement, qui desservait directement une des principales entrées de l'Exposition :

Embranchement Étoile-Trocadéro.

MOIS	NOMBRE DE VOYAGEURS	RECETTES	NOMBRE de trains kilométriques
		francs	
Mois d'octobre 1900	275 464	44 339,55	11 121,6
— de novembre	244 633	38 426,80	11 460,4
— de décembre	219 625	32 834,45	12 700,8
Mois de janvier 1901	207 954	31 207,30	11 032
— février —	202 568	30 746,70	11 183,2
— mars —	223 968	33 841,45	12 454,4
— avril —	215 053	32 907,30	12 919,2
— mai —	197 420	30 339,45	13 988,8
TOTAUX	4 786 705	274 642,70	96 860,4

L'embranchement de la Place de l'Étoile à la Porte Dauphine livré à l'exploitation le 13 décembre a donné lieu au trafic suivant :

Embranchement Étoile-Porte Dauphine.

MOIS	NOMBRE DE VOYAGEURS	RECETTES	NOMBRE de trains kilométriques
		francs	
Du 13 au 31 décembre 1900	59 112	9 676,60	7 670,40
Janvier 1901	99 527	16 151,45	13 441,20
Février —	108 977	17 825,60	12 163,20
Mars —	120 308	19 478,55	12 848 »
Avril —	131 436	21 733,60	15 113,60
Mai —	140 922	23 369,10	15 865,44
TOTAUX	660 282	108 234,60	77 071,84

Pour l'ensemble du réseau, le trafic total se trouve résumé dans le tableau ci-après :

LIGNES	NOMBRE DE VOYAGEURS	RECETTES	NOMBRE de trains kilométriques
		francs	
Vincennes-Porte Maillot.	37 949 513	5 738 127,65	1 805 328,30
Étoile-Trocadéro	1 786 705	274 642,70	96 860,40
Étoile-Porte Dauphine.	660 282	108 234,60	77 071,84
TOTAUX	40 396 500	6 141 004,95	1 979 260,74

Le nombre total des voyageurs transportés par le Métropolitain, du 19 juillet 1900 au 31 mai 1901, se décompose ainsi :

Trafic total du Métropolitain du 19 juillet 1900 au 31 mai 1901.

CATÉGORIES DE VOYAGEURS	NOMBRE DE VOYAGEURS	RECETTES
		francs
Aller et retour	9 049 914	904 991,40
Première classe	4 823 915	1 205 978,75
Deuxième classe	26 517 770	3 977 665,30
Billets collectifs	4 901	245,05
Perceptions supplémentaires sur voyageurs montés en première avec des billets de deuxième	»	52 124,25
TOTAUX	40 396 500	6 141 004,95

Rappelons ici que le prix des billets est de 0 fr. 25 pour la première classe, 0 fr. 15 pour la deuxième classe, 0 fr. 20 pour les billets d'aller et retour (valables seulement en deuxième classe et avant 9 heures du matin, au départ), et 0 fr. 05 pour les billets collectifs, délivrés aux enfants des écoles communales de la Ville de Paris voyageant sous la conduite d'un maître.

La redevance à payer par la Compagnie du Métropolitain à la Ville de Paris est de 0 fr. 10 par billet de première classe, et de 0 fr. 05 par billet de deuxième classe et par billet d'aller et retour.

Le dernier tableau montre que le nombre de voyageurs qui montent en première classe avec des billets de deuxième est assez considérable. Cela tient à deux causes différentes.

Dans leur précipitation pour monter dans le train, beaucoup de ces voyageurs négligent de s'assurer de la classe à laquelle appartient la voiture qu'ils choisissent. Cependant la voiture de première classe est toujours la dernière du train, mais beaucoup de voyageurs l'ignorent.

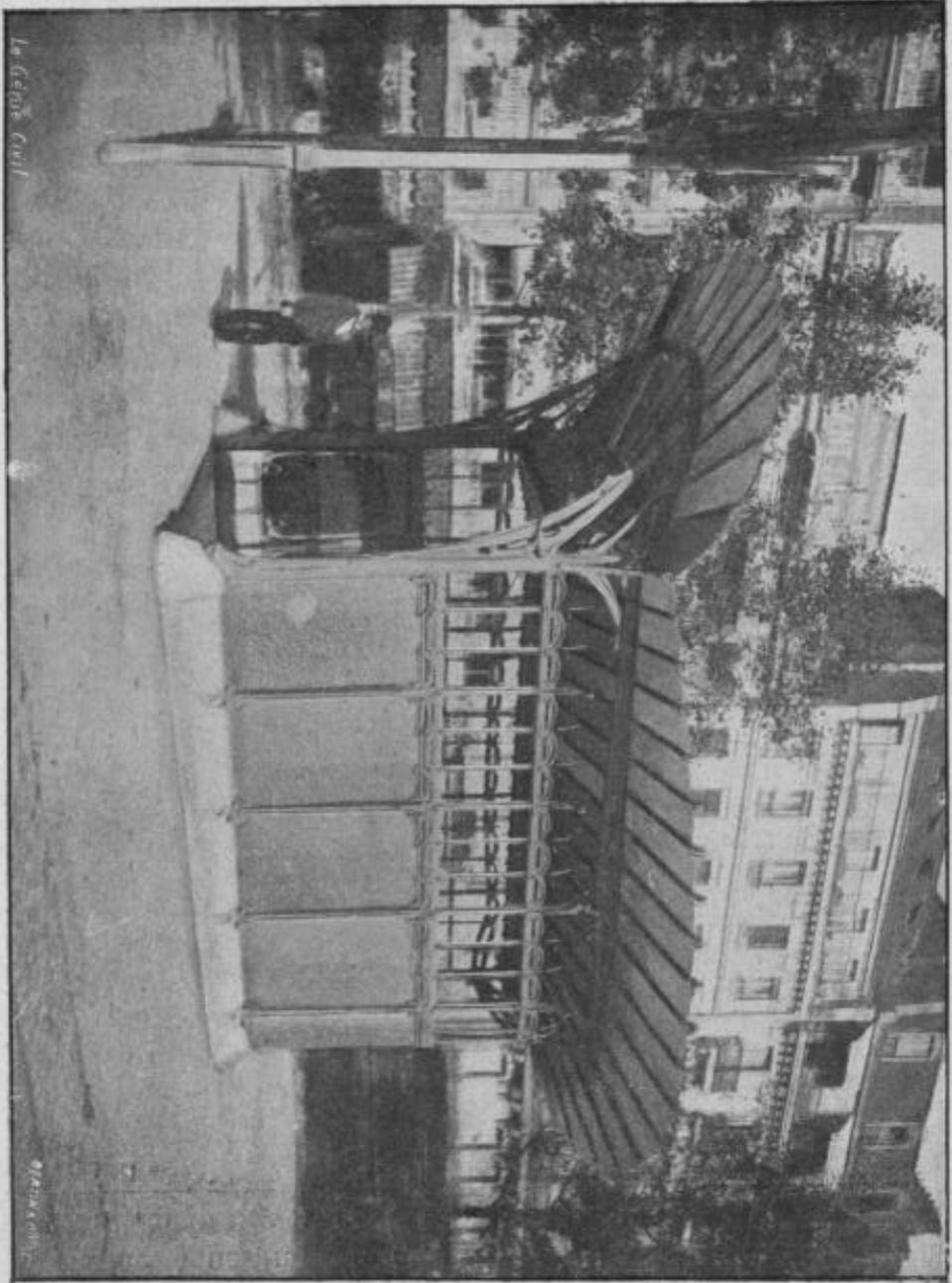


Fig. 73. — Vue de l'entrée de la station d'arrivée de la Porte Maillot (12 octobre 1900).

D'autre part, certains voyageurs, en présence de l'encombrement des voitures de deuxième classe, préfèrent monter en première, quitte à payer le supplément correspondant.

Il est facile de voir, d'après les chiffres du premier des tableaux ci-dessus, que le trafic qui a eu lieu sur la ligne principale Porte de Vincennes-Porte Maillot, pendant les cinq premiers

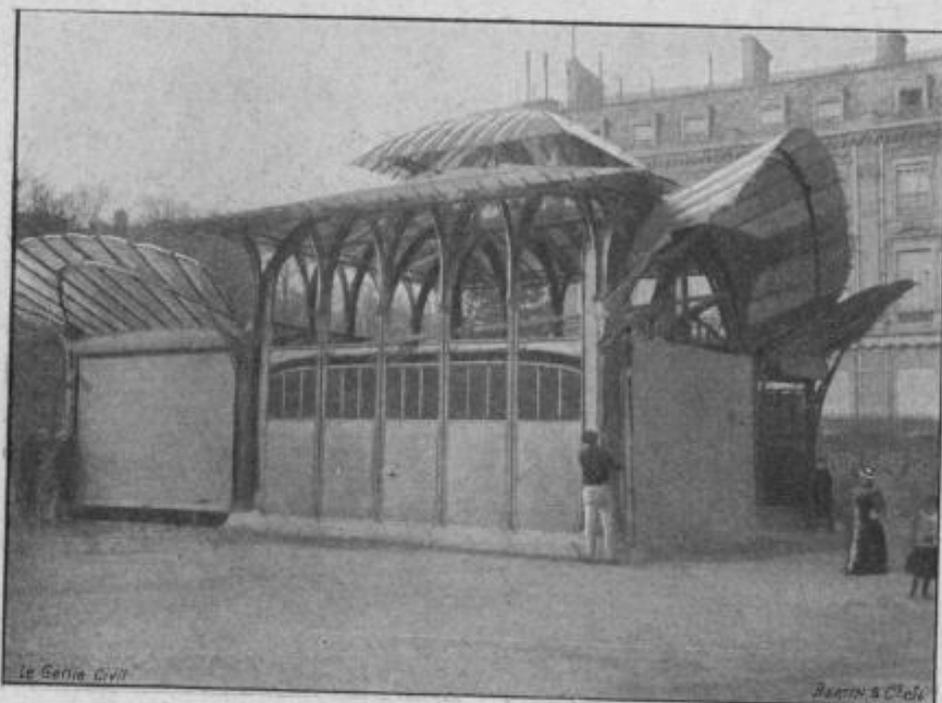


FIG. 74. — Vue de l'entrée de la station de l'Étoile (13 février 1901).

mois de l'année 1901, correspond à un mouvement d'environ 4 800 000 voyageurs par kilomètre et par an.

Ce trafic, réalisé dans une période qui peut être considérée comme faisant encore partie de la période de mise en train et pendant laquelle le matériel a été insuffisant, dépasse, cependant, celui qui a été réalisé jusqu'ici sur toutes les voies ferrées existantes. En effet le trafic kilométrique annuel du Métropolitain de Londres ne dépasse pas sensiblement 3 millions de voyageurs, celui du Métropolitain de Berlin 2 800 000 voyageurs, et celui du Manhattam Railway de New-York 3 150 000 voyageurs. Celui de la ligne Paris-Auteuil a été, en 1898, de 3 100 000 voyageurs.

Sur le Central London, qui a été mis en service le 30 juillet 1900 et qui a beaucoup d'analogies avec la ligne Vincennes-Porte Maillot, puisqu'il a 40^{km} 5 de longueur, qu'il est également à traction électrique, et suit, en souterrain, la grande artère commerciale de Londres, le trafic a été, jusqu'au 31 décembre 1900,

de 14 500 000 voyageurs, tandis que pendant la période du 19 juillet au 31 décembre 1900 le trafic de la ligne Vincennes-Porte Maillot (10^{km}6) a été de 16 857 374 voyageurs.

D'après le rapport du Conseil d'administration du Métropolitain à l'Assemblée générale des actionnaires du 11 mai 1901, les dépenses d'exploitation pour l'ensemble du réseau se sont élevées, depuis la mise en service jusqu'au 30 avril 1901, à 2 188 670 fr. 33 et, comme les recettes correspondantes avaient été de 5 382 735 fr. 30,

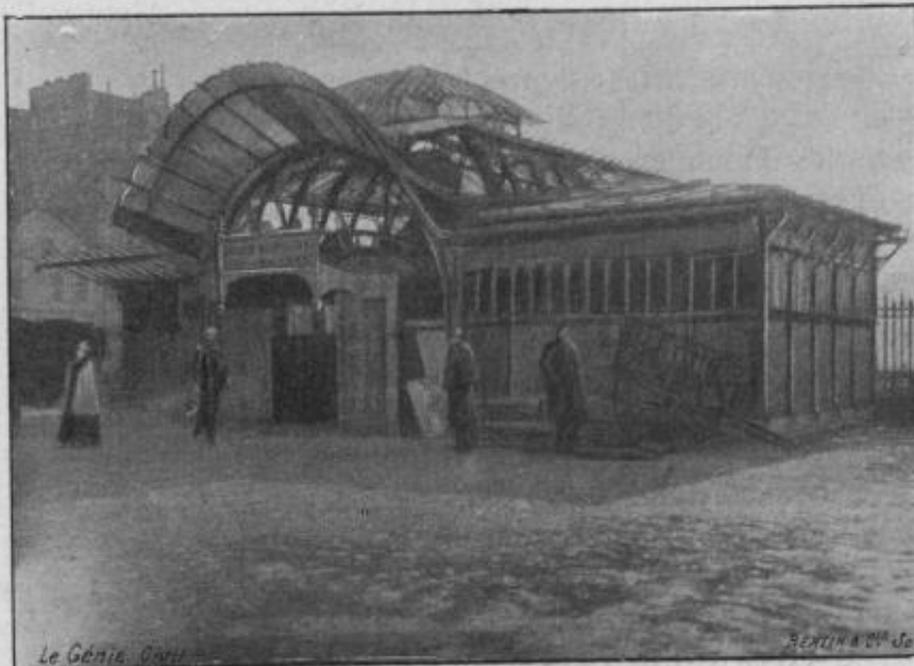


FIG. 75. — Vue de l'entrée de la station de la Bastille (13 février 1901).

il en résulte que les produits de l'exploitation ont été de 3 194 064 fr. 97 se répartissant de la manière suivante :

Part de la Ville de Paris	Fr. 1 806 467 30
Part de la Compagnie.	1 387 597 67
TOTAL	<u>Fr. 3 194 064 97</u>

Les chiffres ci-dessus montrent que la part de la Ville dans les produits bruts de l'exploitation est d'environ 120 % de celle la Compagnie.

Ils montrent aussi que le coefficient d'exploitation est d'environ 42 %; en fait ce coefficient a varié de 40 à 44 %.

Enfin ils permettent de voir que la recette moyenne par voyageur transporté est d'environ 0 fr. 152 018 et la recette moyenne par train kilométrique de 3 fr. 1027.

MATÉRIEL EN SERVICE ET PROJETÉ.

Nous avons décrit plus haut le matériel roulant du Métropolitain avec assez de détails, mais nous rappellerons ici les éléments dont il se compose actuellement et nous indiquerons comment la Compagnie se propose de le compléter.

Au 30 avril 1901 le matériel de la Compagnie comprenait 161 voitures dont 46 automotrices et 115 de remorque.

D'après l'horaire actuel les départs ont lieu toutes les 3 minutes sur la ligne principale et toutes les 6 minutes sur les embranchements entre 5 h. 30 du matin et 8 h. 30 du soir. Il n'ont lieu que toutes les 6 minutes sur la ligne principale et toutes les 12 minutes sur les embranchements entre 8 h. 30 et minuit 30.

Cela représente environ 330 trains de 200 places chaque jour et dans chaque sens sur la ligne principale, alors que le cahier des charges prévoit un minimum de 135 trains de 100 places.

Le nombre de trains simultanément mis en service, jusqu'à 8 h. 30 du soir, s'élève à 34, dont 2 sur chacun des embranchements et 30 sur la ligne principale. Sur cette dernière ils sont généralement composés de 4 voitures, dont une seule automotrice, et peuvent transporter normalement 200 voyageurs. Lorsque ces trains se suivent à des intervalles de 3 minutes, il en passe 20 par heure, ce qui donne une capacité de transport de 4 000 voyageurs à l'heure dans chaque sens.

Cette capacité, suffisante pendant une grande partie de la journée, est déjà trop faible aux heures d'affluence des voyageurs et très insuffisante les dimanches et jours de fêtes où le public, après s'être concentré en certains points, par exemple au bois de Boulogne, demande à être ramené dans Paris. Tout le monde voulant rentrer à peu près à la même heure, la station de la Porte-Maillot est assiégée par un nombre de voyageurs beaucoup plus grand que celui que les trains peuvent emporter. Ces voyageurs sont donc obligés d'attendre plus ou moins longtemps leur tour de monter dans le train et cette attente est d'autant plus pénible et fastidieuse qu'elle doit se faire, en partie, à l'extérieur, les couloirs d'accès de la gare ne pouvant contenir qu'un assez petit nombre de personnes.

La nécessité d'accroître la capacité de transport du Métropolitain, au moins à certaines heures, est donc bien reconnue et la Compagnie se préoccupe d'y faire face le plus tôt possible.

Deux moyens se présentent pour réaliser cette augmentation du nombre de places offertes : réduire de 3 à 2 minutes l'intervalle entre les trains, ou bien augmenter leur capacité.

Le premier moyen ne donnerait qu'un accroissement de 50 % du nombre de places disponibles et rendrait plus difficile le service de l'exploitation qui, même avec le service à 3 minutes, est assez délicat. Aussi la Compagnie s'est-elle prononcée en faveur de l'accroissement de la capacité des trains, qui permet de doubler le nombre de places offertes, en portant de 4 à 8 le nombre des voitures de chaque train. Ce nombre de 8 voitures est d'ailleurs



FIG. 76. — Entourage de l'escalier d'accès de la station du Palais-Royal ; vue prise le 16 juillet 1900.

le plus grand que puissent comporter les trains, car, à 9 mètres par voiture, il correspond à une longueur de 72 mètres ; or la longueur des quais des stations n'est que de 73 mètres.

Lorsque le matériel qui a été commandé à cet effet sera en service, on pourra faire des trains de 8 voitures, dont les deux de tête automotrices. Les voitures automotrices actuelles, munies chacune de deux moteurs de 100 chevaux, sont incapables, à cause du profil qui comporte des rampes de 4 ‰, de remorquer plus de 3 voitures, de sorte que, pour constituer un train de 8 voitures, il faudra employer deux automotrices semblables, ou bien une automotrice de puissance double, soit de 400 chevaux.

La Compagnie estime que cette dernière solution n'est pas réalisable et elle préfère employer deux automotrices de 200 chevaux chacune. Toutefois un seul mécanicien sera chargé de la conduite du train et les moteurs de la seconde automotrice seront couplés avec ceux de la première, de la même manière que si les quatre moteurs se trouvaient sur la même voiture.

Cette disposition entraînera sans doute quelques difficultés dans l'exploitation et ne présentera peut-être pas, au point de vue de la meilleure composition des trains à réaliser, suivant les heures de la journée, toute l'élasticité désirable. On peut se demander s'il n'y aurait pas avantage à rendre toutes les voitures automotrices, de façon à pouvoir toujours composer les trains d'un nombre de voitures proportionné à l'affluence plus ou moins grande des voyageurs. Ce système aurait de plus l'avantage de permettre de réduire encore la durée des freinages et des démarrages, mais nous avons vu que, du moins tant qu'on sera obligé d'admettre des voyageurs debout dans les voitures, il n'y avait plus guère à gagner de ce côté.

PERSONNEL.

La durée du service effectif est de 19 heures $\frac{1}{2}$ par jour, de 5 heures $\frac{1}{2}$ du matin à 1 heure du matin (le dernier départ des terminus a lieu à minuit $\frac{1}{2}$), mais, en tenant compte du temps perdu à la cessation et à la reprise du travail, la durée totale du service est d'environ 20 heures. Il faut donc deux équipes, travaillant chacune 10 heures par jour, pour tous les emplois.

A la fin de chaque journée, les trains sont garés soit dans les stations terminus, soit en partie sur les voies encore non utilisées de la station double de la Gare de Lyon.

Chaque train comporte : un mécanicien ou wattmann ; un garde-chef qui se tient dans la première voiture et qui peut, au besoin, remplacer le mécanicien ; un garde de queue dans la dernière voiture et, dans les heures les plus chargées de la journée, un troisième garde assurant le service des deux voitures intermédiaires. Un surveillant, qui séjourne sur le quai, assure le service de la quatrième voiture.

Le personnel de chaque station se compose, en principe, d'un chef surveillant, de deux surveillants de quai (un par chaque quai), d'un homme d'équipe, d'une femme distributrice de billets

et d'un surveillant chargé de contrôler et de poinçonner les billets. Ce dernier est toujours le mari de la distributrice.

Dans les gares les plus importantes, notamment dans celles du Palais-Royal et de la Place de l'Étoile, ce personnel moyen est sensiblement augmenté, surtout aux heures où l'affluence des voyageurs est la plus considérable. Au contraire, dans les stations peu importantes (Rue Obligado, Avenue Kléber, etc.) il y a un ou deux surveillants en moins.

En plus de celui affecté à ces deux services, il existe naturellement un certain personnel chargé de l'entretien et de la



FIG. 77. — Vue de l'entrée de la station de l'Hôtel-de-Ville (13 février 1901).

surveillance de la voie, ainsi que des petites réparations. Enfin, la Compagnie a établi, ainsi que nous l'avons dit plus haut (page 87), un dépôt de matériel et un atelier de réparations important, entre la rue des Maraîchers et le chemin de fer de Ceinture, près du terminus de la Porte de Vincennes.

En exécution de la convention passée entre la Ville de Paris et la Compagnie concessionnaire, le personnel du Métropolitain jouit de privilèges exceptionnels qui constituent une charge réelle pour l'exploitation, ainsi qu'on peut s'en rendre compte par les articles 16 et 17 de cette convention, que nous reproduisons ci-après :

ART. 16. — L'exploitation devra être organisée de façon à satisfaire aux conditions suivantes :

1° Les salaires ou appointements des ouvriers ou employés devront être payés à la quinzaine et ne pourront pas être inférieurs à 150 francs par mois. Les hommes employés temporairement recevront un salaire qui ne pourra être inférieur à 5 francs par jour ;

2° La durée de la journée de travail ne pourra excéder dix heures ;



FIG. 78. — Vue de l'entrée de la station de la Gare de Lyon (13 février 1901).

Un jour de repos par semaine ou deux demi-journées seront accordés au personnel ;

3° Sera accordé, sans retenue de salaire, un congé annuel de dix jours ;

4° Le salaire intégral sera assuré pendant les périodes d'instruction militaire ;

5° Les jours de maladie, dûment constatés par un médecin désigné par la

caisse instituée en vertu de l'article 17 ci-après, seront aussi payés dans leur intégralité pendant au moins une année;

6° En cas d'accident survenu pendant le travail et entraînant une incapacité momentanée, l'ouvrier recevra son salaire entier jusqu'à complète guérison, sans préjudice de l'indemnité qui lui serait due en cas d'infirmité définitivement totale ou partielle;

7° Les travailleurs occupés à l'entreprise seront assurés contre les accidents



FIG. 79. — Vue de l'entrée de la station des Tuileries (13 février 1901).

aux frais exclusifs du concessionnaire, qui ne pourra faire, de ce chef, aucune retenue sur les salaires. De plus, quelle que soit l'imputation de la responsabilité d'un accident, le concessionnaire sera toujours directement responsable vis-à-vis de la victime du paiement de l'indemnité.

Un médecin désigné par la caisse spéciale instituée en vertu de l'article 17 sera appelé à constater chaque accident et devra en apprécier la nature et les conséquences;

8° L'Administration aura toujours le droit d'imposer les mesures de sécurité et d'hygiène reconnues nécessaires;

9° Une commission sera délivrée, sous forme de contrat de louage, à tout employé ou ouvrier majeur des deux sexes ayant 24 mois de services.

Le concessionnaire est tenu à la stricte observation des conditions de travail ci-dessus énumérées, sous peine de déchéance.

ART. 17. — Le concessionnaire s'oblige :

a) A fournir à tout le personnel ouvrier des livrets à la Caisse nationale des retraites, les versements étant constitués à capital aliéné au moyen de 2 % retenus sur les salaires des ouvriers, 6 % versés à leur nom par le concessionnaire dans les conditions définies ci-après.

Toutefois, lorsque le nombre des voyageurs dépassera 220 millions, la retenue sur le salaire des ouvriers sera réduite à 1 % et le versement à faire en leur nom par le concessionnaire sera porté à 7 %.

b) A constituer un service médical et pharmaceutique gratuit.

c) A assurer les ouvriers et employés contre les accidents.

Pour assurer l'exécution tant des paragraphes b) et c) du présent article que des paragraphes 5, 6 et 7 de l'article 16 ci-dessus, le concessionnaire organisera une caisse spéciale qui sera gérée par les employés et ouvriers eux-mêmes.

Le concessionnaire devra imputer aux frais généraux la somme suffisante pour opérer les versements stipulés aux paragraphes a), b), c).

Malgré les avantages ci-dessus énumérés, et dont il serait difficile de trouver l'équivalent dans une autre entreprise industrielle, le personnel du Métropolitain s'est cependant mis récemment en grève, occasionnant ainsi une interruption complète du service pendant trois jours (du 29 au 31 janvier 1904). En dehors de certaines modifications au règlement établi par la Compagnie, il demandait que les agents fussent commissionnés au bout de six mois c'est-à-dire sans attendre le délai de vingt-quatre mois accordé par la convention. Il demandait en outre une gratification de 10 % des salaires, à l'occasion du surmenage auquel il prétendait avoir été soumis pendant la durée de l'Exposition.

Après des pourparlers assez laborieux, une entente est intervenue ; la Compagnie a promis de commissionner certains agents au bout d'un an de service, sans que de cette promesse résulte un droit pour ces derniers ; l'Assemblée générale des actionnaires, qui a eu lieu le 11 mai, a accordé la gratification ci-dessus.

DISTRIBUTION DES BILLETS.

L'accès dans les stations se fait, comme il a déjà été dit, par un escalier partant de la voie publique et dont l'origine est recouverte par un petit édicule ou simplement entourée d'une grille (fig. 73 à 81). Cet escalier aboutit d'abord dans une salle souterraine où se fait la distribution des billets (fig. 80), et de là, les voyageurs descendent sur les quais soit directement, soit

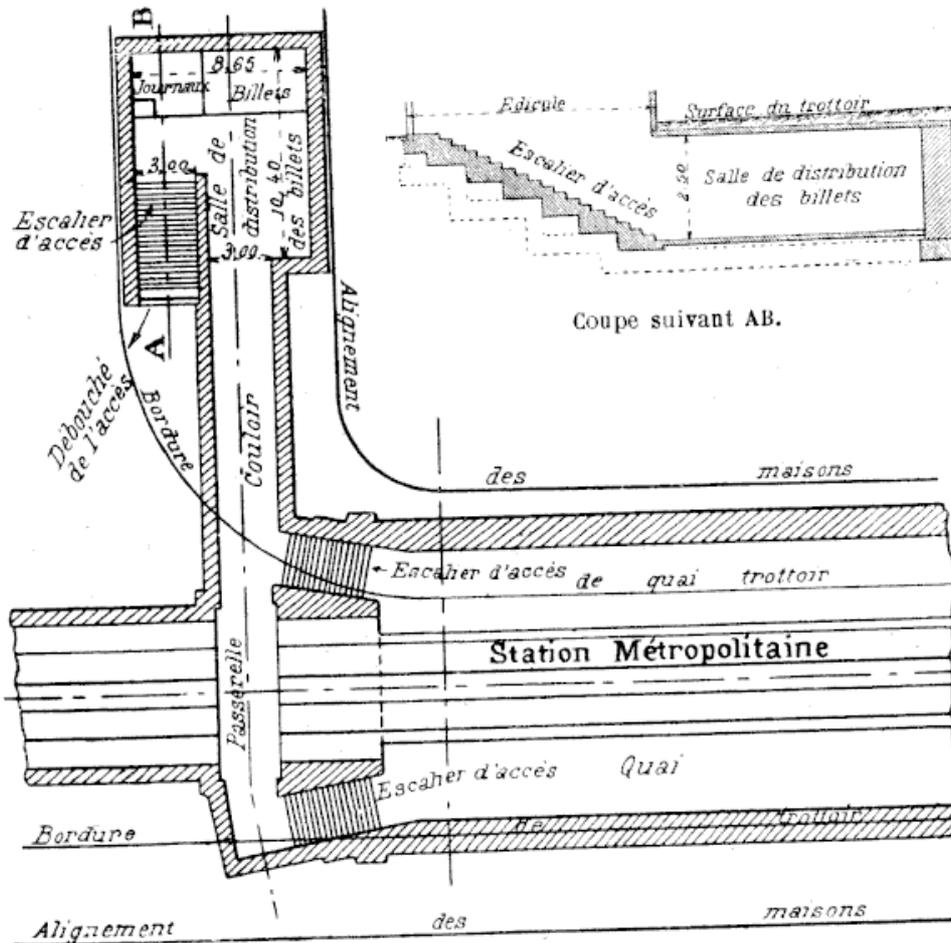


FIG. 80. — Plan et coupe de l'accès d'une station.

après avoir traversé la voie sur une passerelle qui les conduit au sommet de l'escalier donnant accès sur le quai opposé.

Rappelons ici qu'à côté du guichet de distribution des billets se trouve un marchand de journaux qui est tenu de faire gratuitement le change de monnaie.

Les billets délivrés dans une gare quelconque du Métropolitain permettent de descendre à n'importe quelle station du réseau. Il suit de là que les billets ne portent que le nom de la gare d'émission, sans aucune indication de nom de gare destinataire. Cette

particularité entraîne une grande simplification dans la fabrication des billets et permet d'employer à cette fabrication un appareil relativement simple dont nous dirons quelques mots.

Rappelons d'abord qu'il n'existe que trois catégories de billets :



FIG. 81. — Vue de l'entrée de la station de la Concorde (13 février 1901).

ceux de première classe qui sont roses, ceux de deuxième classe qui sont blancs et ceux d'aller et retour qui sont verts. Contrairement à ce qui a lieu ordinairement, le billet d'aller et retour est

ici un billet unique que le voyageur conserve jusqu'à son retour ; ce billet est, comme les billets simples, poinçonné une première fois à l'aller, par le surveillant du contrôle placé à proximité du guichet de distribution, et il l'est de plus une seconde fois au retour. A l'arrivée, tous les billets sont jetés, par les voyageurs eux-mêmes, dans un coffre placé dans le couloir de sortie, devant l'endroit où se tient le contrôleur des billets.

Tous les tickets sont du format 56×31 millimètres et portent les inscriptions indiquées sur les fac-similés ci-joints (fig. 82). Les chiffres inscrits sur la deuxième ligne indiquent trois nombres distincts correspondant : le premier au jour (39^e, 45^e ou 25^e de l'année); le deuxième au millésime (deux derniers chiffres de

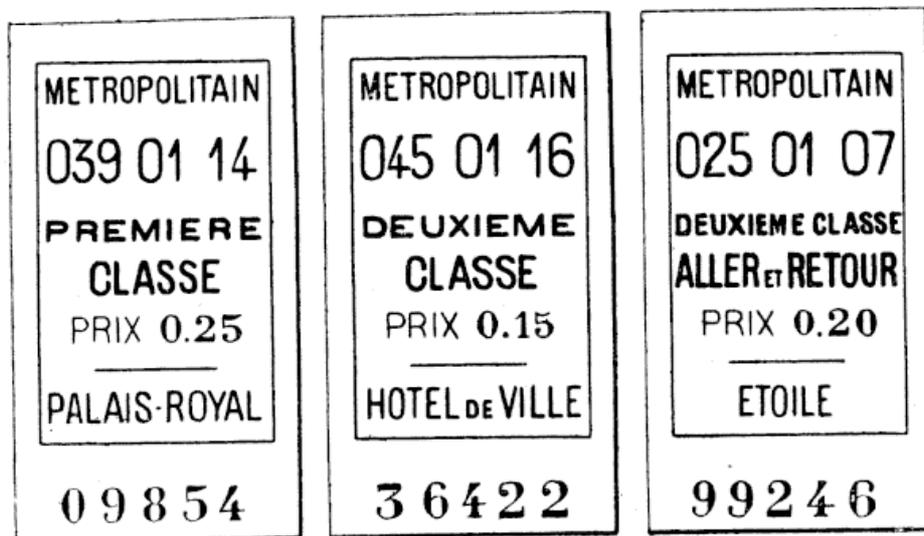


FIG. 82. — Fac-similés des trois types de billets usités sur le Métropolitain.

l'année), et le troisième à l'heure à laquelle a été distribué le billet (la 14^e et la 16^e heure pour les deux premiers, c'est-à-dire 2 et 4 heures de l'après-midi, et la 7^e heure pour le billet d'aller et retour). Le nombre qui constitue la dernière ligne du billet est un numéro d'ordre de la série de 100 000 correspondante dans le guichet où ce billet a été distribué. Ce sont ces divers chiffres inscrits sur chaque billet qui constituent les éléments du contrôle.

Étant donné le trafic extrêmement intense auquel donne lieu le Métropolitain, trafic qui, comme nous l'avons vu, atteint environ 110 000 voyageurs par jour, il y avait grand intérêt à adopter un système de distribution de billets rapide et fournissant aussi simplement que possible le moyen de faire la comptabilité et

la statistique des recettes journalières, tout en présentant une sécurité absolue de contrôle. Il était également important de supprimer l'approvisionnement des stations en billets imprimés à l'avance et d'éviter ainsi toute une comptabilité et les chances d'erreurs ou de vols que peut présenter cet approvisionnement.

La Compagnie a résolu ces divers problèmes par l'emploi d'un appareil très ingénieux qui lui a donné complète satisfaction et qui remplit la triple mission d'imprimer, d'enregistrer et de contrôler les billets. Nous nous bornerons à indiquer le principe de cet appareil, sans entrer dans la description de son mécanisme.

Appareil imprimeur-enregistreur-contrôleur. — Cet appareil (fig. 83) permet à la femme chargée de la distribution des billets de fabriquer ces billets, instantanément, au fur et à mesure des besoins et avec toutes les indications dont ils doivent être munis et que nous avons rappelées ci-dessus.

Il se compose essentiellement de quatre petites machines à imprimer, juxtaposées sur un même bâti en fonte, et mises en mouvement, par l'intermédiaire de courroies, au moyen d'un petit moteur électrique placé dans la partie inférieure du bâti. Chacune de ces machines est munie d'une manette, actionnée par la distributrice, et dont la manœuvre a pour effet de relier la machine correspondante à un système d'embrayage disposé de façon à la mettre en mouvement lorsque cela est nécessaire et indépendamment des trois autres.

En fonctionnement normal il n'y a jamais que trois machines d'utilisées; la quatrième est une machine de secours que l'on peut employer, en cas d'avaries à l'une des autres, pour fabriquer n'importe laquelle des trois catégories de tickets.

Ces machines impriment sur des bandes de carton, ayant pour largeur la longueur des tickets, toutes les indications que nous avons vues plus haut et elles découpent ces tickets à la largeur voulue. Chacune peut fabriquer 80 tickets par minute et, comme elles peuvent fonctionner simultanément, c'est donc 320 ou, tout au moins, 240 tickets par minute que l'appareil est capable de fournir.

Cette production pourrait, d'ailleurs, être augmentée simplement en accélérant la vitesse du moteur, mais elle est déjà plus que suffisante pour les besoins de la pratique. Il n'y aurait lieu de l'augmenter que si l'on voulait desservir plusieurs guichets de distribution avec le même appareil.

En même temps qu'il fabrique les billets, cet appareil enregistre et totalise, sur des compteurs spéciaux, le nombre qu'il en délivre dans chaque classe. Il en résulte que la comptabilité des recettes est d'une extrême simplicité. Il suffit, en effet, que la distributrice relève, aux moments où elle prend et où elle cesse son service, les nombres indiqués par les totalisateurs sur les petits cadrans que l'on voit sur la figure 83, et une simple soustraction, pour chaque catégorie, lui indique exactement le nombre de billets qu'elle a distribués pour chaque classe.

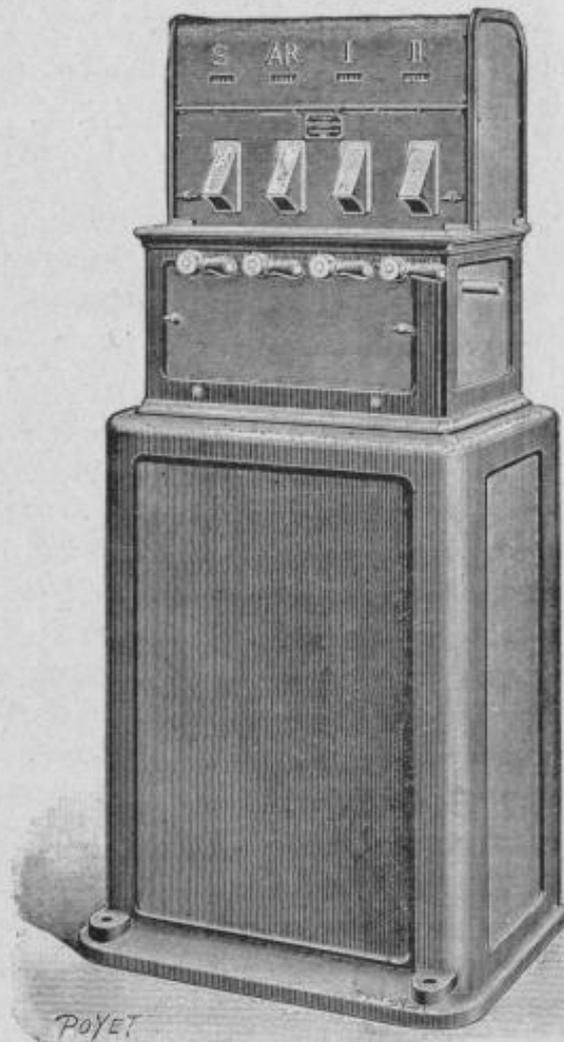


FIG. 83. — Appareil imprimeur-distributeur de billets.

Pour diminuer l'encombrement qui se produit aux guichets et éviter au voyageur l'ennui d'avoir à prendre un ticket à chaque voyage, la Compagnie a mis depuis quelque temps en vente des carnets de 10 tickets, dont le prix est de 1 fr. 50 pour la 2^e classe et de 2 fr. 50 pour la 1^{re} classe.

LIGNE ACTUELLEMENT EN CONSTRUCTION

La ligne, ou plutôt la fraction de ligne du Métropolitain dont les travaux, adjugés à la date du 27 octobre 1900, sont actuellement en cours d'exécution, est comprise entre la place de l'Étoile et celle de la Nation (fig. 84 du texte et pl. I). C'est la branche Nord de la ligne désignée sous le nom de ligne B, ligne n° 2 ou circulaire par les anciens boulevards extérieurs.

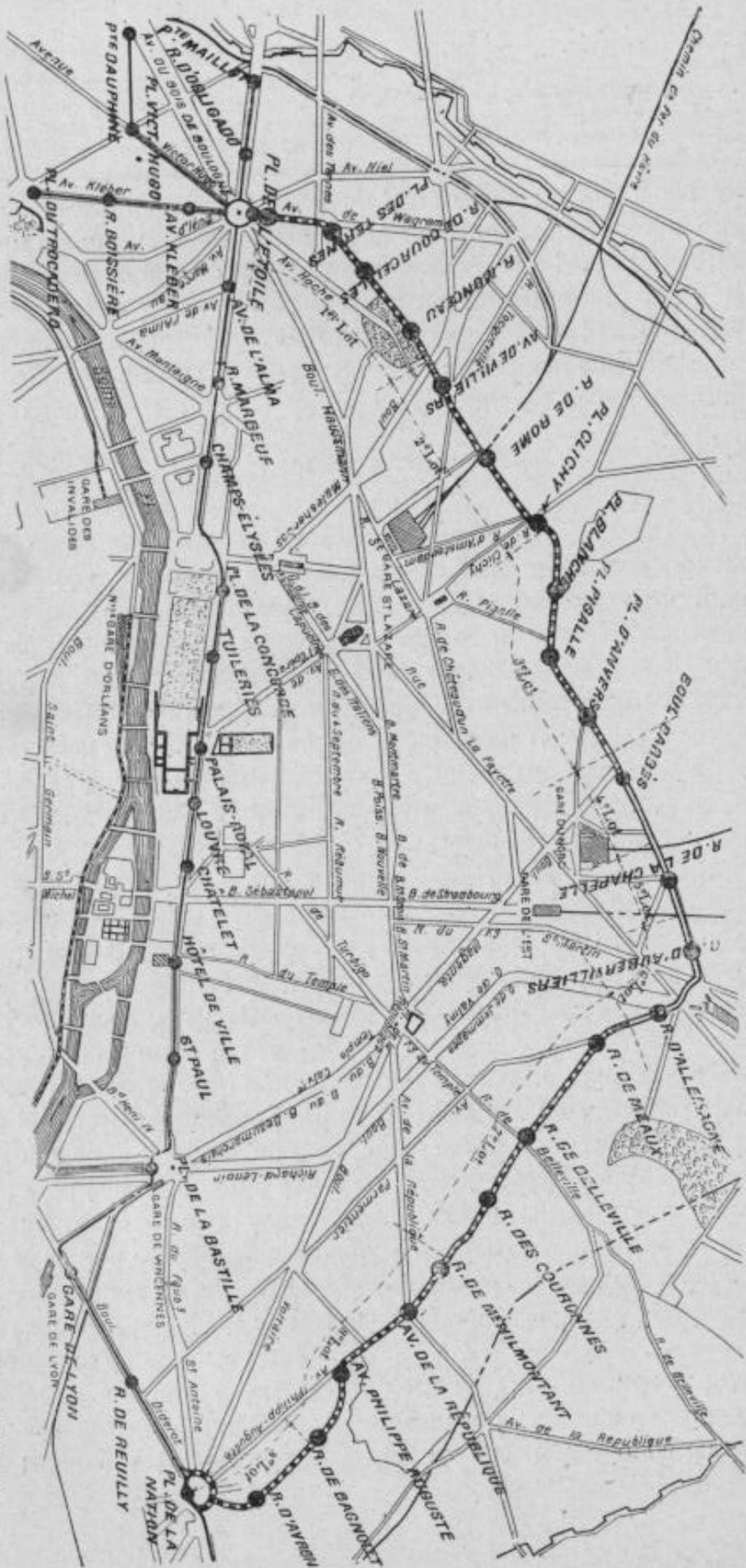
TRACÉ.

Ainsi que nous l'avons expliqué plus haut, en décrivant l'ensemble des lignes métropolitaines projetées, cette ligne a son origine à la porte Dauphine et elle est déjà exécutée entre ce point et l'avenue de Wagram, c'est-à-dire sur une longueur de 1 715 mètres. Dans ce parcours elle suit les avenues Bugeaud et Victor-Hugo, traverse la place de l'Étoile, en passant par-dessous les voies de la ligne A (Vincennes-Porte Maillot) et arrive dans la station de l'Avenue de Wagram (fig. 85 et pl. I et VI). Cette station communique par des escaliers avec la double station de la Place de l'Étoile et peut ainsi échanger ses voyageurs avec ceux de la ligne A ou de la ligne B Sud (Étoile-Trocadéro et prolongement).

En quittant la station de l'Avenue de Wagram, la nouvelle ligne continue à longer cette avenue en se tenant, toujours en souterrain, sous le milieu de la chaussée. Elle traverse ensuite la place des Ternes et suit le boulevard de Courcelles jusqu'à l'avenue de Villiers, un peu avant laquelle se trouve une station double, dans laquelle prend naissance la ligne C (Étoile-Ménilmontant), qui se détache de la ligne B à la rencontre du boulevard Malesherbes (fig. 84 et 85 et pl. I). C'est à cette station que les voyageurs de l'une de ces lignes pourront passer sur l'autre.

Après avoir traversé l'avenue de Villiers, la ligne B passe sous la contre-allée centrale des boulevards extérieurs et suit cette contre-allée appartenant successivement aux boulevards des Batignolles, de Clichy, de Rochechouart, de la Chapelle, de la Villette, de Belleville, de Ménilmontant et de Charonne. Elle quitte ce dernier boulevard pour prendre l'avenue de Taillebourg et elle

Fig. 84. — Plan général de la ligne actuellement en construction (branche Nord de la circulaire par les anciens boulevards extérieurs).



se termine à la place de la Nation où elle se développe en une boucle fermée (fig. 85 et 87) de façon à former une station en raquette, analogue à celles de la Porte de Vincennes, de la Porte Maillot et de la Porte Dauphine.

Un raccordement de service reliera la nouvelle ligne à l'ancienne.

Au sommet de la boucle, la ligne B prend contact avec la ligne A et sa station est accolée à celle de cette dernière ligne de façon à permettre facilement l'échange des voyageurs entre les deux lignes.

Le schéma représenté figure 85 permet, d'ailleurs, de se rendre compte de la manière dont se fera l'exploitation de la ligne B, ou plutôt de sa branche Nord car la ligne par les anciens boulevards extérieurs comprend, en réalité, deux lignes bien distinctes : la branche Nord et la branche Sud.

La branche Nord, actuellement en construction, sera exploitée par des trains partant de la Porte Dauphine et y revenant après avoir tourné dans la boucle que forme cette ligne à la place de la Nation.

La branche Sud sera parcourue par des trains qui partiront de la boucle formée à la place de l'Étoile par cette ligne, et y reviendront, après avoir tourné dans une boucle située à la place de la Nation, ainsi que cela a été décidé par délibération du Conseil municipal en date du 15 juin 1901 (1).

Les rayons minima des courbes adoptées sur la ligne en construction sont les mêmes que ceux employés dans les lignes actuellement en exploitation. La boucle et le raccordement sont établis suivant des courbes de 50 et de 60 mètres de rayon, mais il n'en résultera pas d'inconvénient par suite de la faible vitesse qui sera admise dans ces passages.

PROFIL EN LONG.

Tandis que la fraction du Métropolitain déjà construite, sauf au passage du canal Saint-Martin, est entièrement en souterrain, la ligne actuellement en construction comporte une partie en viaduc d'environ 2 kilom. de longueur, soit un peu moins de $\frac{1}{3}$ de sa longueur totale qui est de 10539 mètres. Cette partie en viaduc va du kilom. 4,100 au kilom. 6,100 en chiffres ronds, c'est-à-dire du boulevard de Rochechouart, un peu avant la rencontre du bou-

(1) D'après cette délibération (voir pages 173 à 178), le tracé de la circulaire Sud est le suivant : place de l'Étoile, avenue Kléber, Trocadéro, boulevards de Grenelle, Garibaldi, de Vaugirard, Edgar-Quinet, Raspail, Saint-Jacques, d'Italie, de la Gare, pont de Bercy, boulevards de Bercy, de Reuilly et de Picpus.

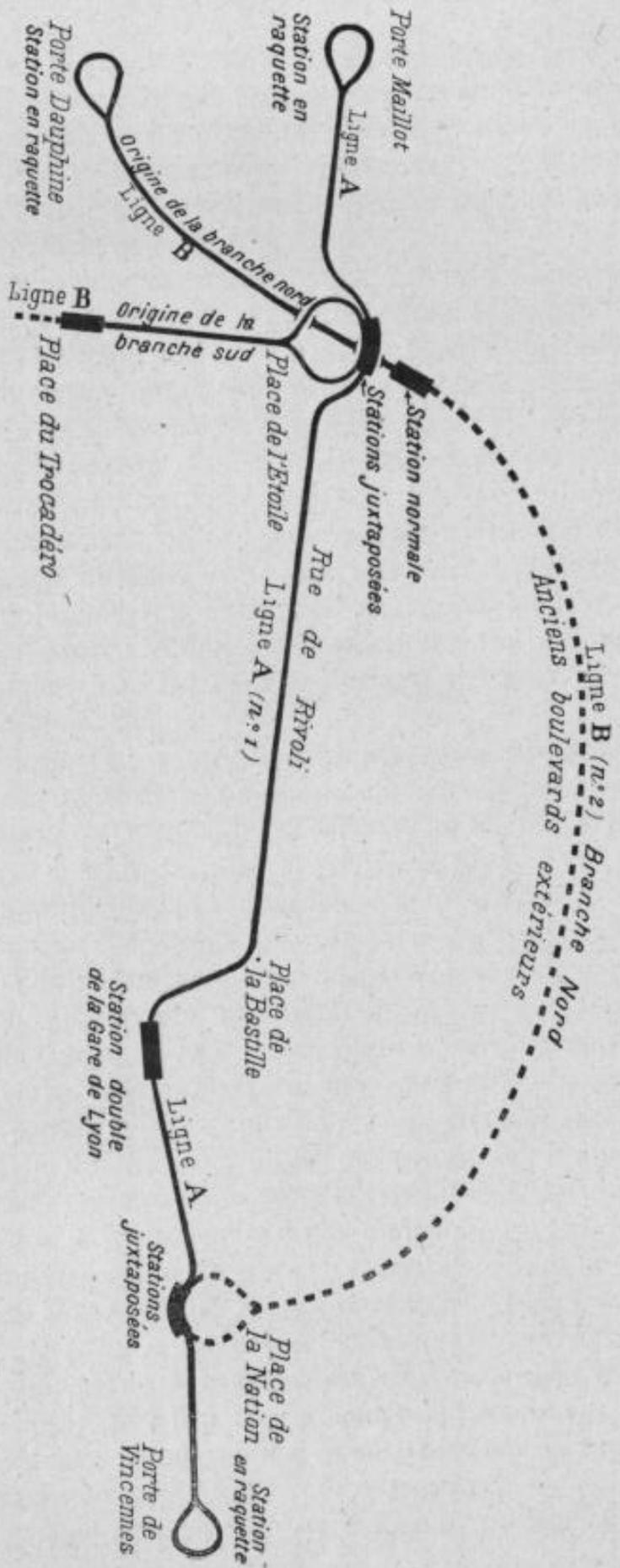


FIG. 85. — Schéma montrant le mode d'exploitation des lignes métropolitaines en service et en construction.

levard Barbès, au boulevard de la Villette, un peu avant sa rencontre avec les rues de Meaux et Louis-Blanc.

Le prix par mètre courant de ce viaduc est, comme nous le verrons plus loin, à peu près le double du souterrain ordinaire; cependant, ainsi qu'on peut en juger sur le profil en long (fig. 86 du texte et fig. 1, pl. VI), son adoption paraît justifiée par la nécessité de passer par-dessus les voies des chemins de fer du Nord et de l'Est. La traversée de ces voies en souterrain aurait, en effet, conduit à placer le Métropolitain à une grande profondeur au-dessous du sol, ce qui aurait rendu l'accès des stations pénible et ennuyeux. La déclivité que présente le sol des boulevards extérieurs dans l'espace considéré est, d'ailleurs, particulièrement favorable, car elle permet de réduire notablement la longueur du passage du souterrain au viaduc et *vice versa*. Grâce à cette circonstance et à l'adoption de la rampe maximum (0^m 04) au boulevard Barbès (fig. 86) et de la pente maximum (0^m 04) au boulevard de la Villette, la longueur de contre-allée sur laquelle la circulation transversale sera rendue impossible par ces passages du souterrain au viaduc n'atteindra que 118 mètres, au boulevard Barbès, et 170 mètres au boulevard de la Villette. Ces passages ne se trouvant pas dans le voisinage d'une voie importante perpendiculaire à l'un des boulevards considérés, il n'en résultera sans doute pas une gêne sensible pour la circulation.

Ce viaduc n'aura pas pour unique effet de soustraire les voyageurs à l'ascension pénible qu'ils devraient faire pour sortir d'un souterrain profond; il aura aussi l'avantage de leur procurer la circulation au grand air, ce qui sera certainement très apprécié. L'établissement de ce viaduc sur les contre-allées des boulevards extérieurs ne paraît d'ailleurs pas devoir présenter des inconvénients sérieux, étant donnée la grande largeur des voies sur le parcours correspondant.

La hauteur du viaduc au-dessus du sol sera naturellement la plus faible possible; mais, pour ne pas gêner la circulation, on a admis que la hauteur libre minimum serait de 5^m 20, soit 0^m 50 de plus que la hauteur maximum des voitures à impériales circulant actuellement dans Paris.

D'autre part, il était utile que, malgré sa faible hauteur, le viaduc présentât le maximum de dégagement, et l'on a été ainsi conduit à choisir des poutres à semelles inférieures rectilignes. En définitive, on a adopté des poutres en N, à semelles supérieures paraboliques et à semelles inférieures horizontales (fig. 1, pl. VII).

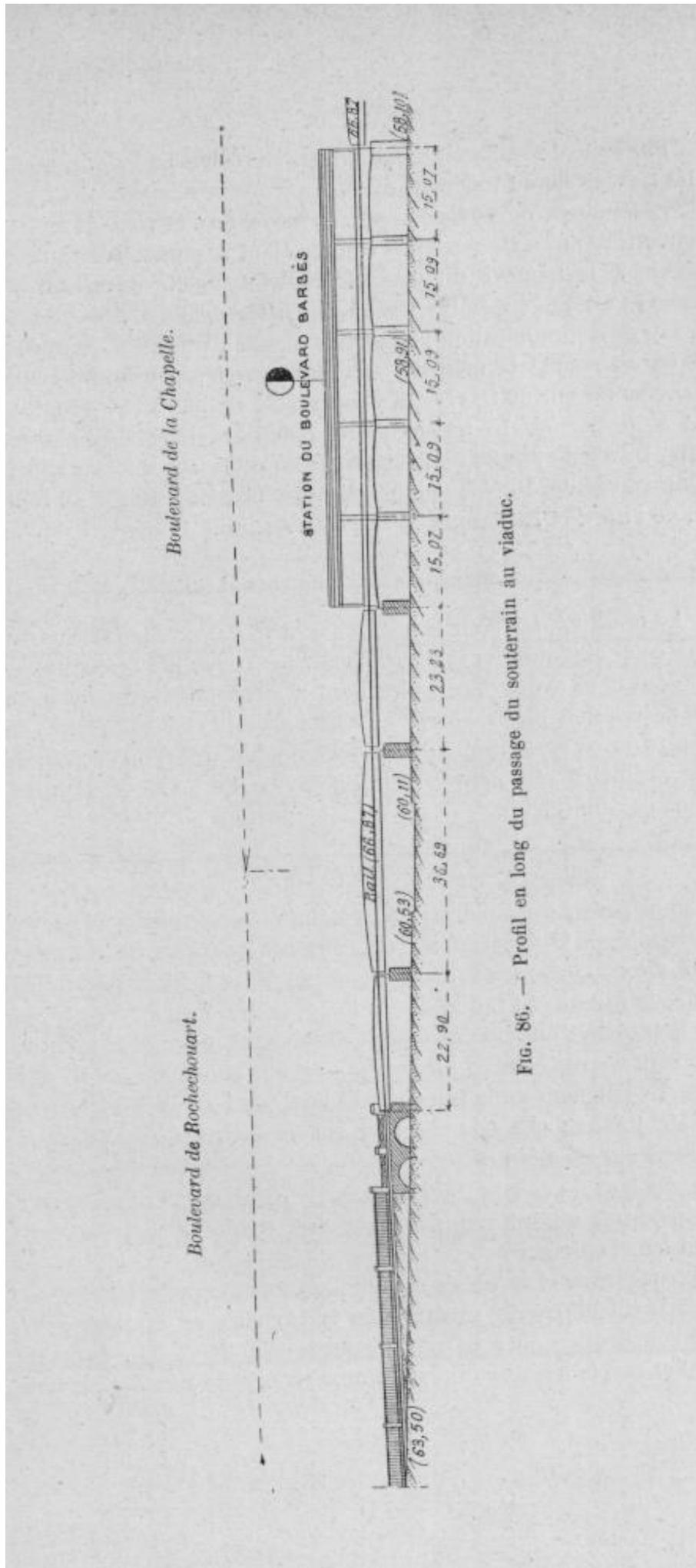


FIG. 86. — Profil en long du passage du souterrain au viaduc.

Par suite des difficultés que présenteront les fondations, toutes les travées seront indépendantes.

La longueur de ces travées sera en moyenne d'environ 22 mètres, ouverture qui a été reconnue comme étant la plus satisfaisante eu égard à la hauteur du viaduc. Toutefois, cette ouverture des travées est assez variable, car il a fallu s'attacher à respecter les voies de communication perpendiculaires à la direction du tracé et il en est résulté la nécessité d'adopter des travées de différentes longueurs. Sur 60 travées, il y en aura 27 de 22^m 50, 7 de 19^m 48 et 8 de 27^m 06. La traversée du boulevard Barbès nécessitera une travée de 35^m 89 d'ouverture, celle de la rue d'Aubervilliers une travée de 43^m 47, enfin celles des chemins de fer du Nord et de l'Est des travées de 75^m 25 d'ouverture.

SOUTERRAIN EN VOIE COURANTE.

Le profil adopté pour le souterrain en voie courante est le même que celui exécuté pour la ligne actuellement ouverte à l'exploitation et dont nous avons donné plus haut la description. On en a vu la description pages 36 et 37 et les figures 3 et 4 ont permis de comparer ce souterrain à un tunnel à double voie d'un chemin de fer ordinaire et d'apprécier la différence des sections dans les deux cas considérés.

TRANCHÉES COUVERTES.

Pour passer du souterrain au viaduc et réciproquement, il est nécessaire de faire usage, sur une certaine longueur, de tranchées qui seront couvertes sur toute la partie où la hauteur disponible entre le niveau du rail et du sol le permettra. La longueur totale de la tranchée du boulevard de Rochechouart sera de 122 mètres; elle sera couverte sur 55 mètres de longueur et ouverte sur 67 mètres. La longueur de la tranchée du boulevard de la Villette sera de 168 mètres; elle sera couverte sur 72 mètres de longueur et ouverte sur 96 mètres.

Dans tous les cas, la tranchée aura 6^m 70 de largeur dans œuvre; les piédroits auront naturellement une épaisseur variable suivant leur hauteur.

Les piédroits et le tablier métallique formant couverture seront légèrement différents, suivant que la tranchée se trouvera sous une contre-allée ou sous une chaussée (fig. 88 et 89). Dans ce dernier cas, la hauteur libre minimum entre le dessous des poutres

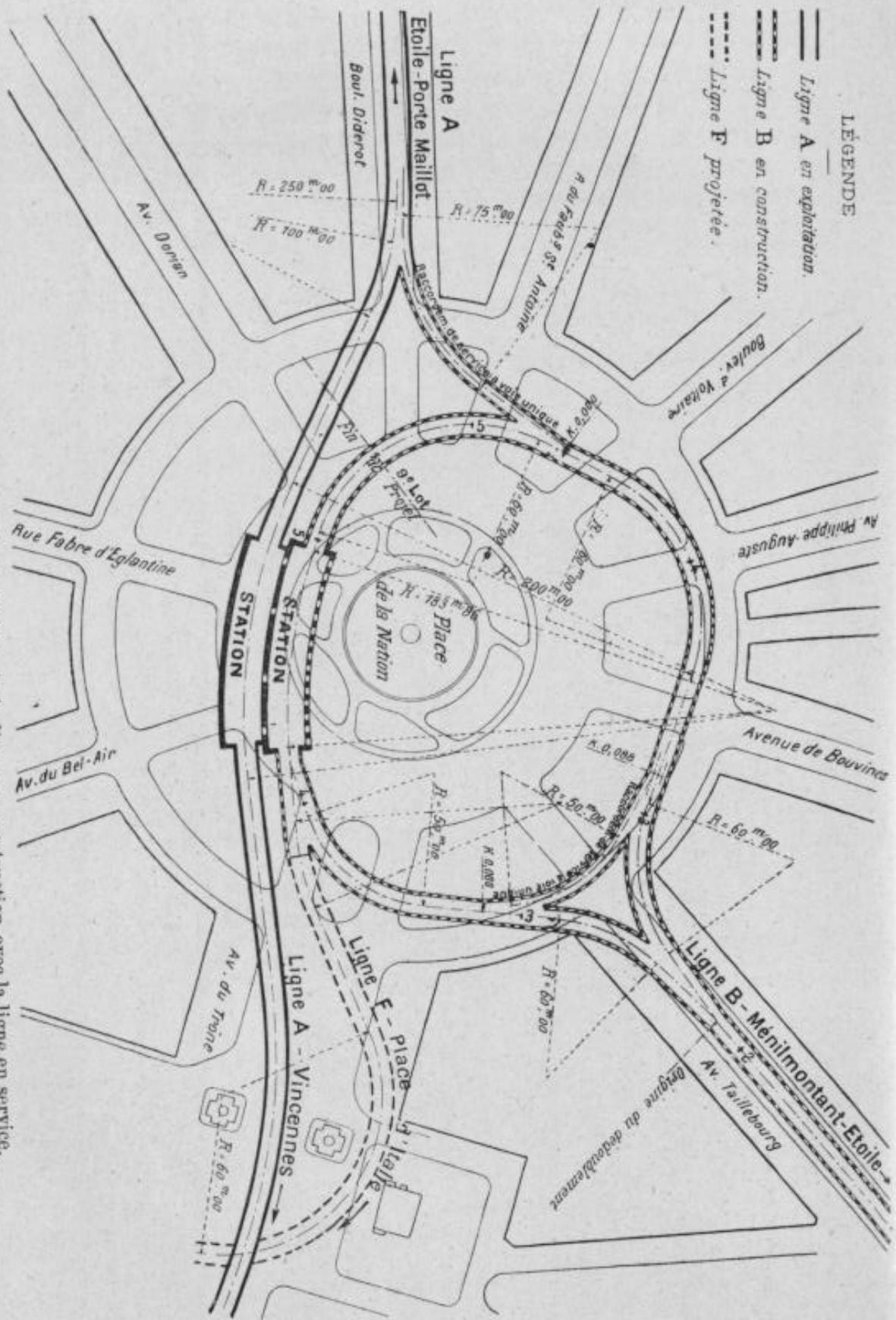


Fig. 87. — Point de contact, place de la Nation, de la ligne en construction avec la ligne en service.
 (Par suite des nouvelles dispositions adoptées (voir pages 173 à 178), les installations figurées sur ce plan sont notablement modifiées.)

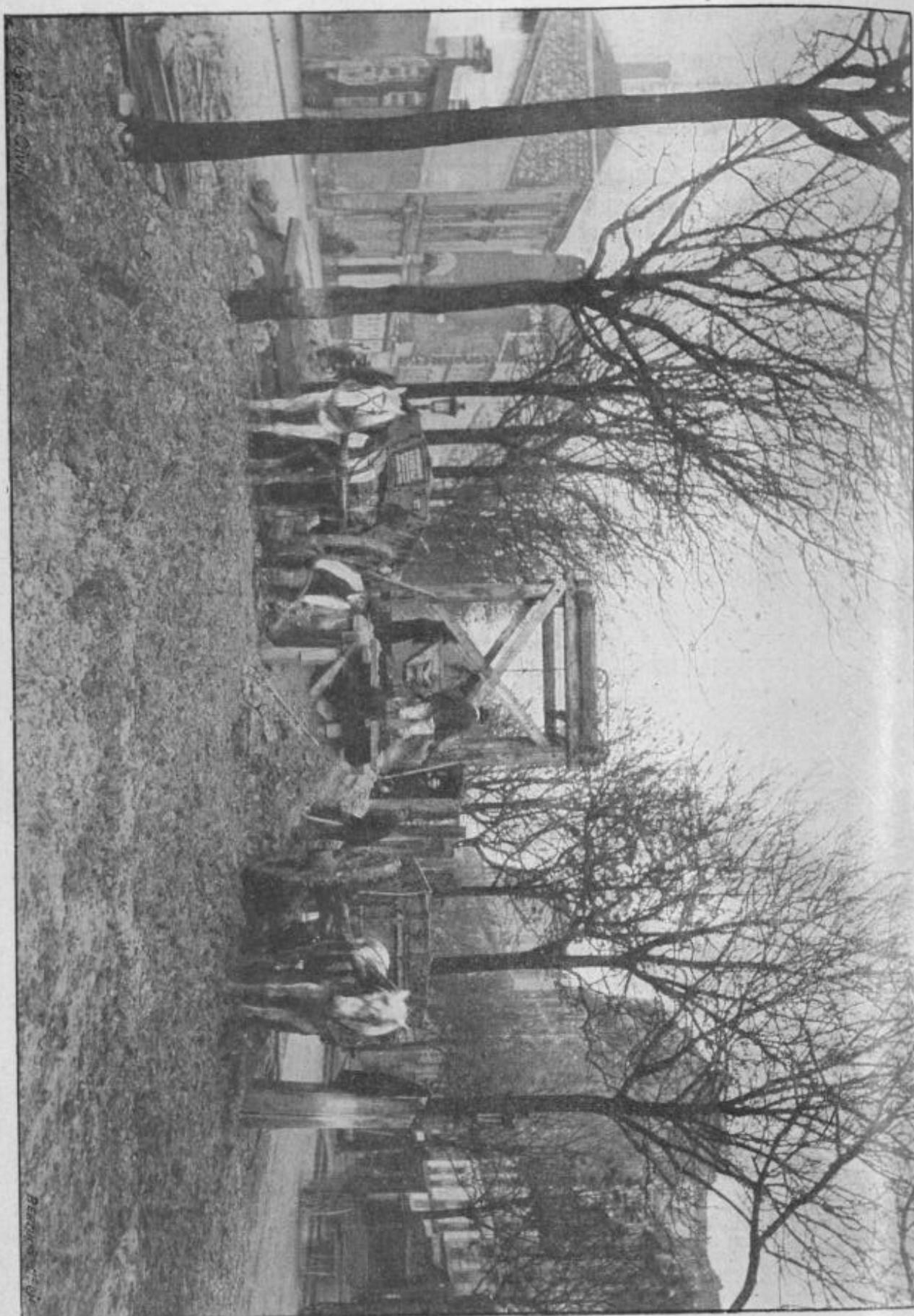


Fig. 90. — Construction de la ligne B (circulaire par les anciens boulevards extérieurs) : Chantier situé boulevard de Charonne, à l'angle de la rue des Vignoles (vue prise le 2 mars 1901).

en briques de Bourgogne de 0^m 22 d'épaisseur et 0^m 25 de flèche, hourdées au mortier de ciment de Portland ou de laitier.

Au-dessus de ces voûtes on exécutera un remplissage en béton de ciment de Portland ou de laitier, qui sera ensuite recouvert d'une chape en mortier de ciment de Portland de 0^m 02 d'épaisseur.

Les piédroits auront leur parement intérieur vertical, une épaisseur de 1^m 50 jusqu'à 2^m 50 ou 3 mètres au-dessus du rail et des épaisseurs décroissantes jusqu'à leur partie supérieure.

Le radier aura une épaisseur minimum de 0^m 50; il reposera sur une surface plane de 9^m 70 de largeur et sa surface supérieure présentera une concavité de 20^m 57 de rayon.

Des niches semblables à celles qui existent dans les piédroits des souterrains, tous les 25 mètres, seront également ménagées dans les piédroits des tranchées.

Enfin, de même que dans les parties en souterrain, les maçonneries seront intérieurement revêtues d'un enduit de ciment de Portland de 0^m 02 d'épaisseur.

VIADUC EN VOIE COURANTE.

Nous avons déjà dit que la partie en viaduc sera composée d'une série de travées métalliques dont l'ouverture variable sera, en moyenne, — exception faite de certains passages spéciaux, — d'environ 22 mètres.

D'une façon générale, les viaducs comporteront deux poutres de rive supportant le tablier à leur partie inférieure. Ces poutres seront à treillis en N (fig. 1 et 3, pl. VII); leur semelle supérieure sera parabolique et leur semelle inférieure rectiligne. Suivant l'ouverture de la travée considérée, ces poutres seront simples ou jumelées et elles seront contreventées: soit simplement à leurs parties supérieures, soit à la fois à leurs parties inférieures et supérieures.

En général, les voies seront posées sur ballast, ce qui est le meilleur moyen pour éviter le bruit et atténuer les trépidations. Cependant, dans les ouvrages à grande portée (passages de la rue d'Aubervilliers et des chemins de fer du Nord et de l'Est) les voies seront posées sur longrines afin de diminuer le poids de l'ouvrage et, par suite, la dépense de construction.

Dans le cas où les voies seront ballastées, le tablier sera constitué par des entretoises transversales qui viendront s'assembler sur les poutres de rive, au droit des montants verticaux de ces poutres, et qui seront réunies entre elles par des voûtelettes en



Fig. 91. — Construction de la ligne B : Chantier situé boulevard de Ménilmontant, devant le cimetière du Père-Lachaise (vue prise le 2 mars 1901).

briques avec mortier de ciment, surmontées d'un remplissage en béton également avec mortier de ciment.

Sur chacune des têtes de ces voûtelettes s'appuiera une petite murette, en maçonnerie de briques, parallèle à l'axe du chemin de fer, et la cunette formée par ces murettes et le remplissage en béton des voûtelettes sera recouverte par une chape en mortier de ciment de 0^m02 d'épaisseur. C'est dans cette cunette étanche que sera placé le ballast, et les eaux pluviales seront écoulées, de distance en distance, par des descentes logées à l'intérieur des piliers supportant le viaduc.

A chaque poutre de rive sera accolé un petit trottoir de 0^m70 de largeur, constitué par une tôle striée qui s'appuiera, d'un côté, sur la murette longitudinale voisine et, de l'autre, sur une cornière rivée à la poutre.

Dans le cas où les voies seront posées sur longrines, le tablier sera constitué par des entretoises transversales qui s'assembleront sur les poutres de rive, au droit des montants verticaux de ces poutres, et sur lesquelles viendront s'assembler des longerons placés sous chaque file de rails et supportant ces rails par l'intermédiaire de longrines en chêne.

Un platelage en tôle striée s'appuyant, d'une part, sur les entretoises et, d'autre part, sur les longerons, régnera sur toute la surface du tablier.

Les viaducs reposeront, par l'intermédiaire d'appareils à rotules, soit sur des colonnes métalliques ornées, soit sur des piles en maçonnerie, suivant que les conditions locales rendront tel ou tel système plus avantageux au point de vue de la stabilité ou des dégagements. On s'attachera à donner à ces supports un aspect aussi artistique que possible et, à cet effet, leur étude, au point de vue architectonique, a été confiée à M. Formigé, architecte en chef des Promenades de la Ville de Paris.

STATIONS.

Les stations de la ligne en construction sont au nombre de 23, dont 19 en souterrain et 4 en viaduc.

L'expérience déjà acquise sur la fraction de Métropolitain en service a permis de constater qu'il y avait intérêt à réduire autant que possible les stations recouvertes par un plancher métallique, non seulement parce que ces stations coûtent plus cher que les stations voûtées ainsi qu'on le verra plus loin (page 167) mais

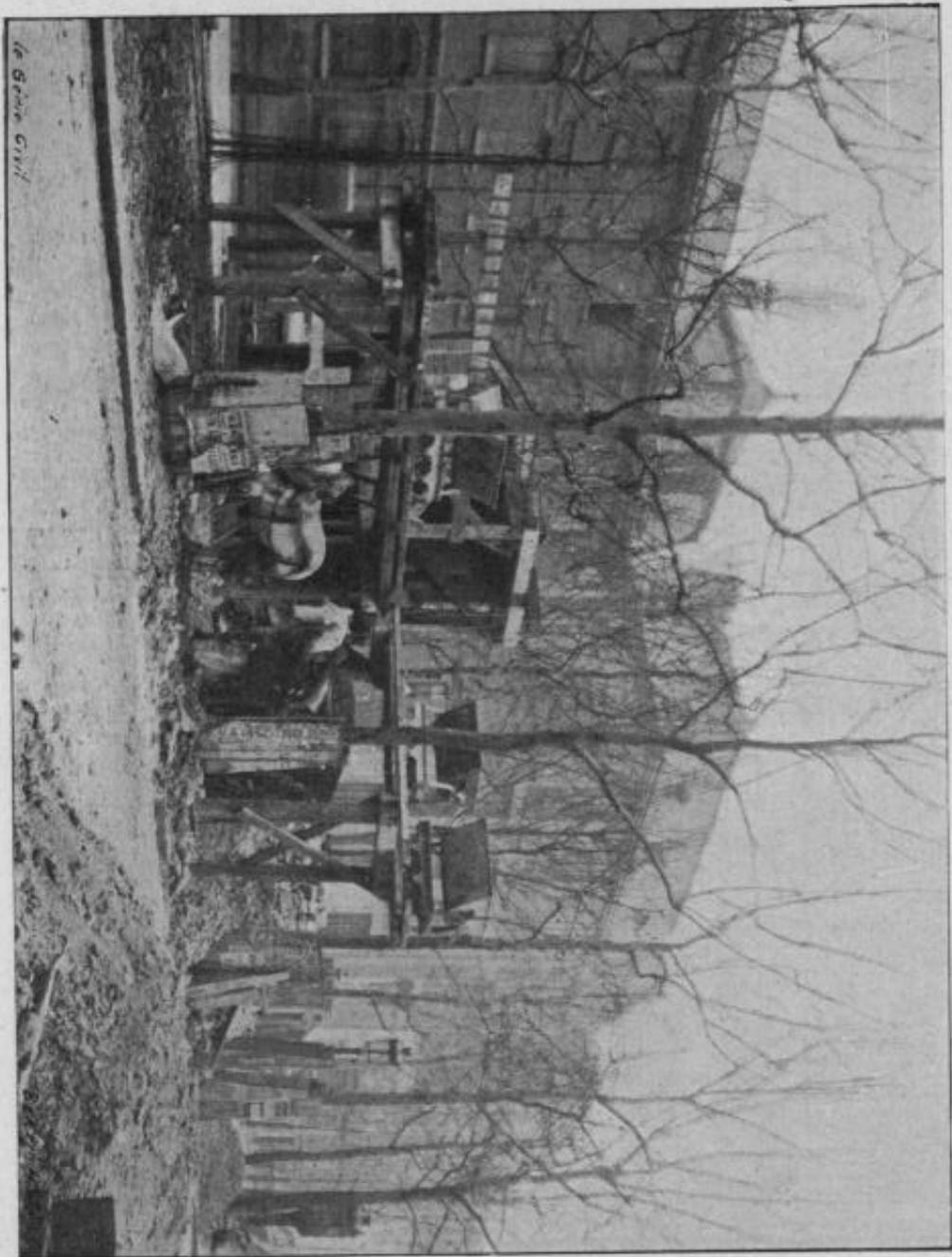


Fig. 92. — Construction de la ligne B : Chantier situé boulevard de Rochechouart, devant le collège Rollin
(vue prise le 2 mars 1901).

aussi parce que leur entretien est moins facile et parce que leur parois diffusent moins bien la lumière.

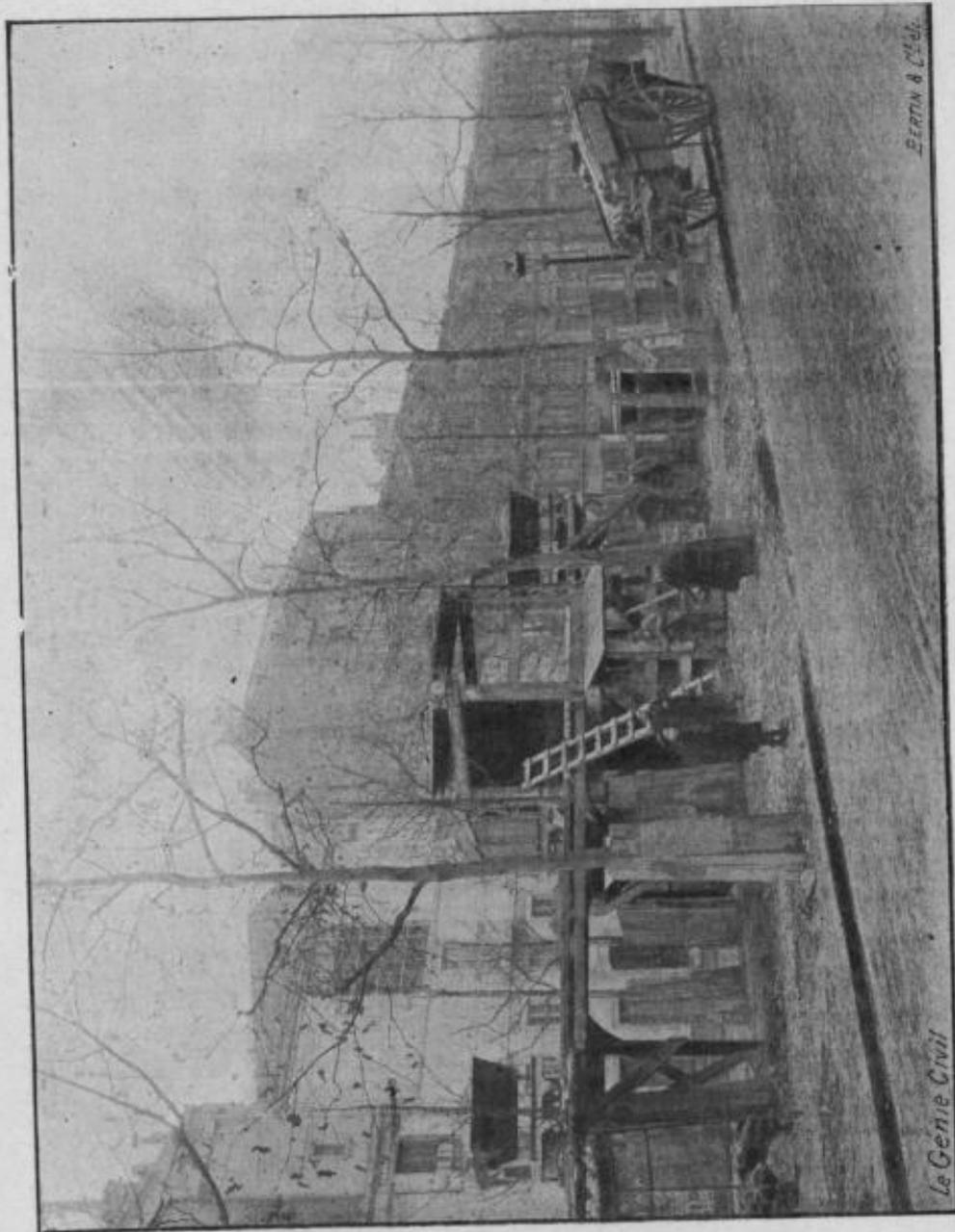
Partout où cela a été possible, les parties souterraines ont donc été voûtées et, seule, la station de la Rue de Rome a été prévue avec un plancher métallique, par suite du manque de hauteur nécessaire à l'établissement d'une voûte.

Voici comment sont réparties ces diverses stations :

TABLEAU DES STATIONS DE LA LIGNE B (BRANCHE NORD).

NOMS DES STATIONS	TYPES DES STATIONS	DISTANCES
		mètres
Avenue de Wagram	Voûtée.	437
Place des Ternes	—	407
Boulev. de Courcelles (rue de Courcelles).	—	326
Parc Monceau	—	466
Avenue de Villiers	—	517
Rue de Rome	Plancher métallique.	548
Place Clichy	Voûtée.	392
Place Blanche	—	427
Place Pigalle	—	475
Place d'Anvers	—	440
Boulevard Barbès	Viaduc.	744
Rue de la Chapelle	—	397
Rue d'Aubervilliers	—	502
Rue d'Allemagne	—	502
Rue de Meaux	Voûtée.	643
Rue de Belleville	—	448
Rue des Couronnes	—	447
Rue de Ménilmontant	—	485
Avenue de la République	—	605
Avenue Philippe-Auguste	—	393
Rue de Bagnolet	—	494
Rue d'Avron	—	539
Place de la Nation	—	

La longueur de la nouvelle ligne étant de 10^{km} 539, on voit que la distance moyenne entre chaque station est un peu inférieure à 500 mètres. Cette distance est sensiblement plus faible que celle qui sépare, en moyenne, les stations de la ligne Porte de Vincennes-Porte Maillot qui, pour un parcours total de 10^{km} 663, ne



BERTIN & C^{ie}

Le Génie Civil

FIG. 93. — Construction de la ligne B : Chantier situé boulevard de Clichy, près de la place Blanche (vue prise le 2 mars 1901).

compte que 18 stations, ce qui correspond à une distance moyenne entre stations de 625 mètres environ.

De même que dans les profils en voie courante, les dimensions des stations de la nouvelle ligne sont identiques à celles des stations des lignes en service. Qu'elles soient souterraines ou en viaduc, elles ont dans les deux cas 75 mètres de longueur et des quais de 4^m40 de largeur. Si l'on se rappelle que la longueur des trains doit être prochainement portée à 72 mètres, on sera peut-être tenté de croire qu'il aurait été utile d'allonger un peu la longueur des quais de façon à donner plus d'aisance aux mouvements des voyageurs. Nous avons toutefois fait remarquer plus haut que la longueur de 75 mètres est à la rigueur suffisante. Le prix par mètre courant de station étant, comme nous le verrons plus loin, presque trois fois plus élevé que celui du souterrain en voie courante, on a naturellement tenu à ne donner aux stations que la longueur strictement nécessaire.

Toutes les stations souterraines auront leurs parois recouvertes en briques émaillées ou en opaline, comme dans les stations déjà ouvertes au service, en vue de mieux refléter la lumière. On ne peut que regretter que les parois latérales de ces dernières aient été presque entièrement couvertes d'affiches-réclames, rendant ainsi en grande partie inutiles les recouvrements en céramique émaillée.

Stations voûtées. — Les stations voûtées ne diffèrent de celles actuellement en service que par un excédent de 0^m 20 de hauteur donné à la montée de la voûte. La largeur dans œuvre reste fixée à 14^m 14 aux naissances, mais la hauteur libre totale, entre la voûte renversée formant radier et la voûte supérieure, est portée de 5^m 70 à 5^m 90. A part cela, la description de ces ouvrages et la désignation des matériaux employés dans leur construction sont identiques à celles que nous avons déjà données pour les stations de la ligne Vincennes-Porte Maillot (page 42), de sorte que nous croyons inutile de les reproduire ici.

Station à plancher métallique. — Cette station étant placée sous contre-allée, son plancher, quoique disposé suivant le type admis pour la ligne précédente (page 44), est composé cependant d'éléments un peu différents. Les poutres maîtresses, normales à la voie, ne sont plus jumelées, mais leur hauteur est portée de 1^m 02 à 1^m 20 tandis que leur écartement est ramené de 5^m 40

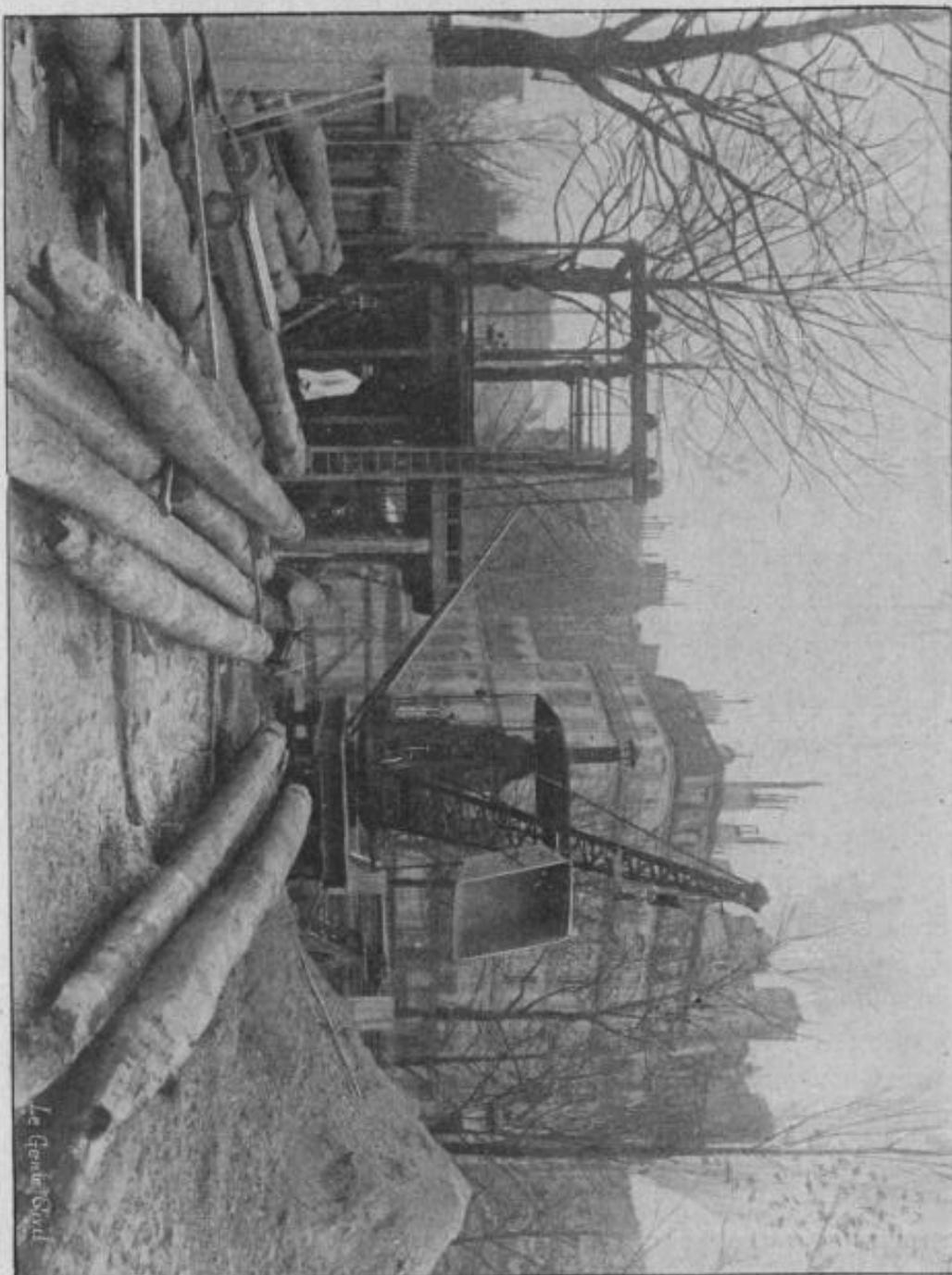


Fig. 94. — Construction de la ligne B : Chantier de la place des Ternes (vue prise le 2 mars 1901).

à 5^m 32. Les autres dispositions sont identiques à celles adoptées sur la ligne en service.

Stations en viaduc. — Les stations en viaduc comportent quatre files de poutres parallèles à l'axe du chemin de fer, d'une longueur totale de 75 mètres divisée en 5 travées indépendantes. Les poutres centrales supportent à la fois le tablier des voies et les quais latéraux qui ont une largeur de 4^m 10, tandis que les poutres de rive forment le second appui des quais.

Les poutres intérieures sont à âme pleine et sont espacées de 5^m 65 d'axe en axe, tandis que les poutres de rive sont à treillis et distantes seulement de 3^m 925 de la poutre centrale correspondante (fig. 6, pl. VII).

Comme dans le viaduc en voie courante, le tablier des stations en viaduc sera formé d'entretoises métalliques reliant les poutres entre elles et reliées elles-mêmes par des voûtelettes en briques. Le dessus du remplissage de ces voûtelettes forme le fond de la cuvette recevant le ballast et est recouvert d'une chape imperméable empêchant les eaux pluviales de filtrer à travers les voûtelettes.

A l'inverse de ce qui a lieu dans les viaducs en voie courante, les poutres de rive des stations sont constituées par une poutre inférieure à treillis en N, à semelle supérieure rectiligne et à semelle inférieure parabolique, surmontée elle-même d'une petite poutre à treillis à semelle rectiligne avec montants verticaux et croix de Saint-André (fig. 5, pl. VII).

Les quais seront supportés par des voûtelettes en briques, avec mortier de ciment, qui s'appuieront sur des entretoises transversales reliant les poutres à âme pleine de la file intérieure aux poutres à treillis de la file extérieure. Ces voûtelettes soutiendront un massif de béton qui recevra une couche de bitume de 0^m 015 d'épaisseur.

Les deux files de poutres intérieures sont réunies à leur partie inférieure par un contreventement horizontal et chaque poutre de rive est réunie à la poutre centrale correspondante par des contreventements horizontaux et verticaux (fig. 6 et 8, pl. VII).

Tandis que les poutres des deux files intérieures reposent, par l'intermédiaire d'appareils à rouleaux, sur des colonnes en fonte fondées sur des massifs en maçonnerie, les poutres de rive s'appuient, par l'intermédiaire d'appareils semblables, sur des piliers en maçonnerie (fig. 2, pl. VI, et fig. 6, pl. VII).

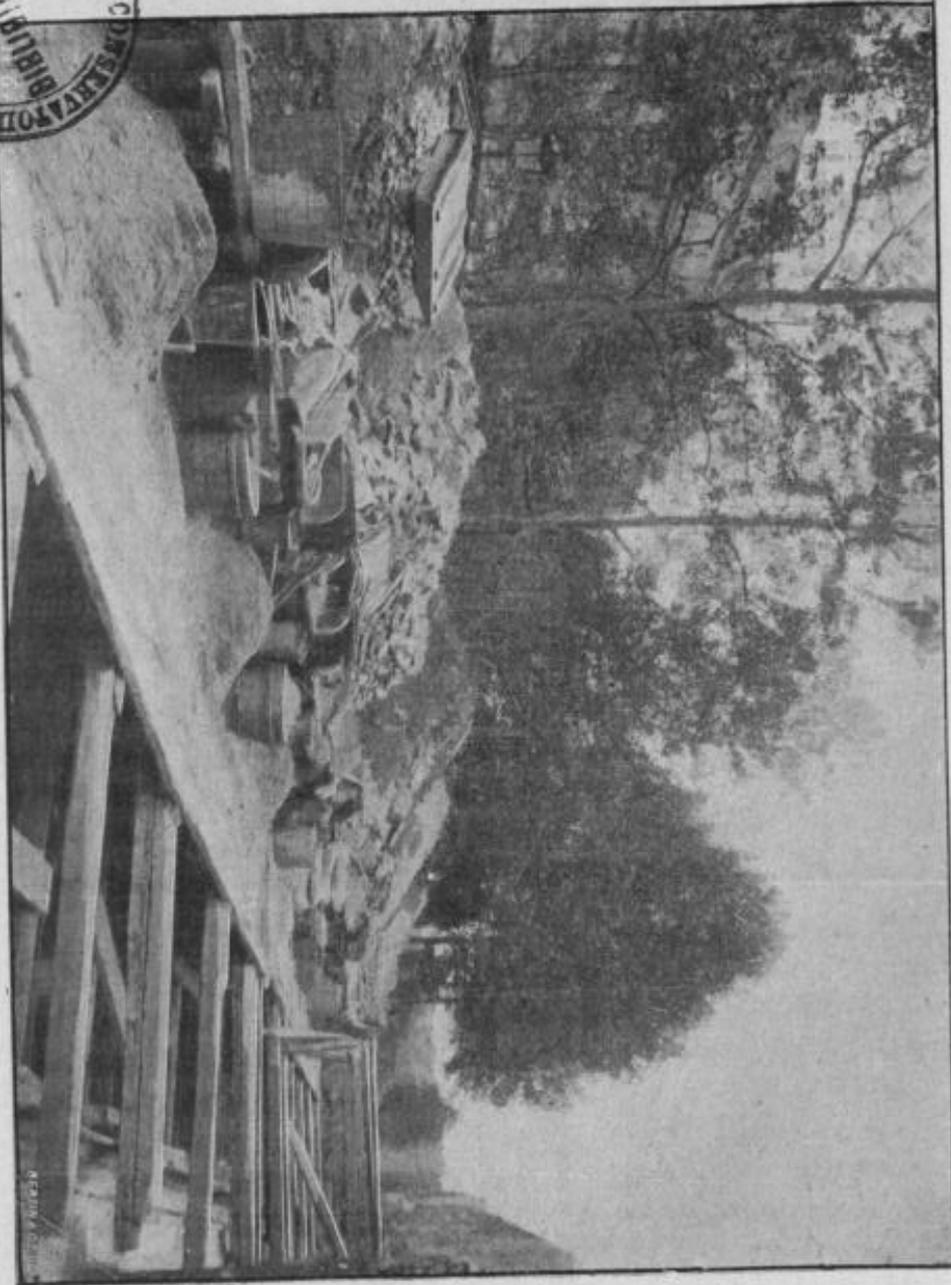


FIG. 95. — Construction d'un nouvel égout collecteur sous le boulevard de Clichy :
Chantier situé près de la rue Lepic (vue prise le 5 novembre 1900).

Prix d'évaluation et mode d'exécution des travaux.

TRAVAUX PRÉPARATOIRES.

L'établissement du Métropolitain sous les anciens boulevards extérieurs a nécessité, comme ailleurs, l'exécution de certains travaux préparatoires destinés à dévier les canalisations qui occupaient déjà le sous-sol. Toutefois, ces travaux ont été, en général, beaucoup moins importants que ceux qu'il avait été nécessaire de faire sous certains points de la ligne déjà livrée à l'exploitation, en particulier sous la rue de Rivoli. Ces travaux se divisent en deux parties : les déviations des conduites d'eau et les déviations d'égouts.

Déviations des conduites d'eau. — Les conduites d'eau qu'il a été nécessaire de dévier pour laisser la place libre au Métropolitain, sous la contre-allée centrale des anciens boulevards extérieurs, sont les suivantes :

1° La conduite maîtresse d'eau de l'Avre qui vient du réservoir de Saint-Cloud et aboutit au réseau de Ménilmontant (eau de la Dhuis), en alimentant sur son parcours la partie haute et le flanc des coteaux de l'Étoile et de Montmartre. Cette conduite, de 0^m 80 et 0^m 60 de diamètre, se trouve atteinte entre l'avenue de Villiers et le boulevard Barbès ;

2° La conduite d'eau de Marne, de 0^m 60, qui descend du réservoir de Ménilmontant pour alimenter les quartiers de Ménilmontant, de Belleville et de la Chapelle ;

3° La conduite d'eau de Seine, de 0^m 50, qui vient du réservoir de Charonne et alimente les quartiers limitrophes de ceux alimentés à l'eau de Marne.

Ces deux dernières conduites sont atteintes par le Métropolitain à partir de la rue Louis-Blanc sur une assez grande longueur ;

4° L'aqueduc de l'Ourcq qui amène jusqu'à la rue du Rocher les eaux prises au réservoir de la Villette et qui se trouve atteint entre la rue de Douai et la rue du Rocher.

Ces diverses conduites ont été reportées sous chaussées dans des galeries spéciales ou dans de nouveaux égouts collecteurs, et on a profité de ce déplacement pour en augmenter le diamètre, de façon à améliorer la distribution. L'aqueduc de l'Ourcq, notamment, a été remplacé par une conduite en ciment armé de

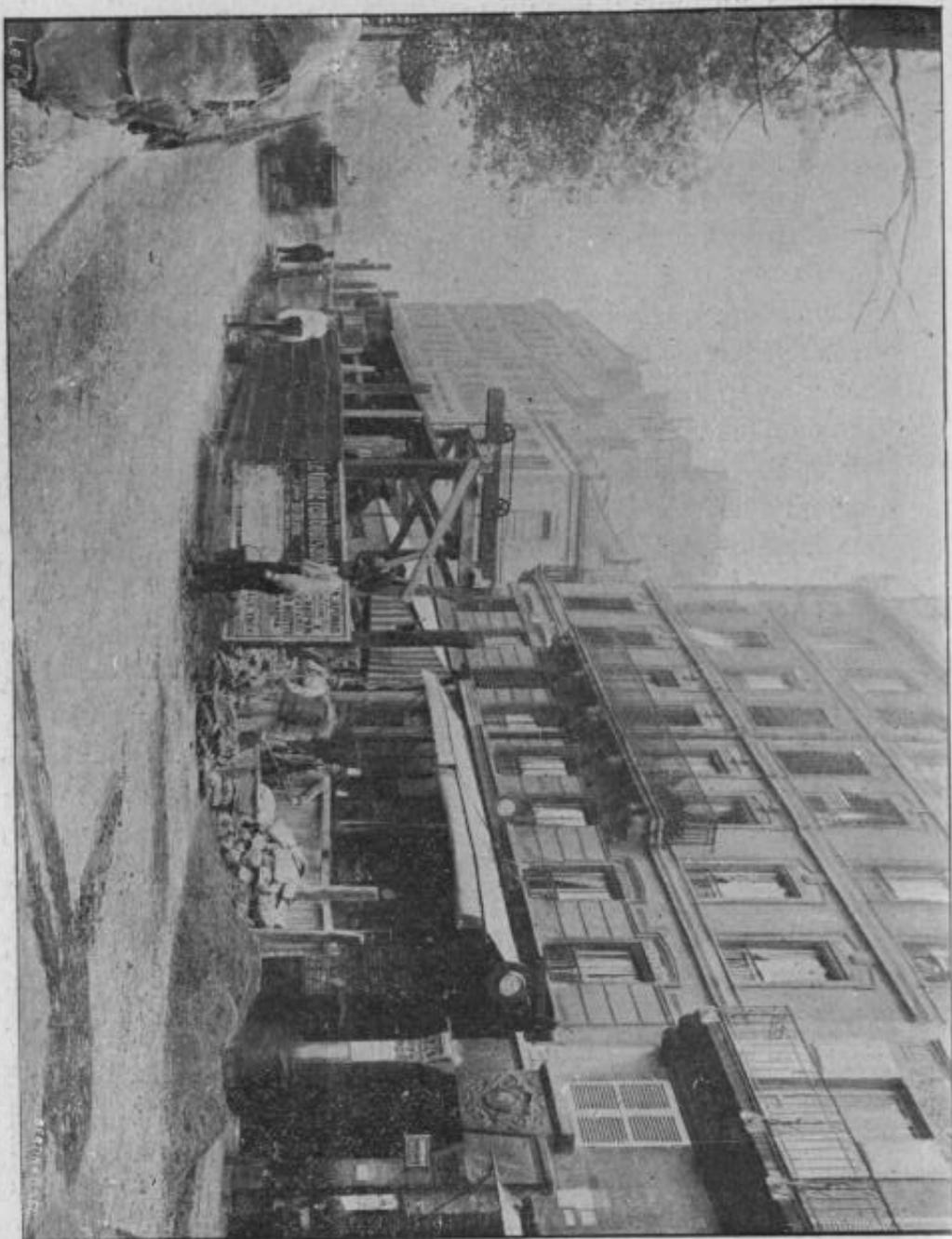


Fig. 96. — Construction d'un nouvel égout collecteur sous le boulevard de Clichy :
Chantier situé place Pigalle (vue prise le 5 novembre 1900).

1^m 25 de diamètre, enfermée dans une galerie et qu'on pourra mettre en pression quand les eaux de l'Oureq seront relevées par des machines. La figure 97 montre la coupe en travers du boulevard des Batignolles avec la situation ancienne et la situation nouvelle.

En outre, un nombre considérable de conduites transversales sont rencontrées par le Métropolitain, mais elles ne seront coupées et rétablies que successivement, de manière à ne pas gêner le service.

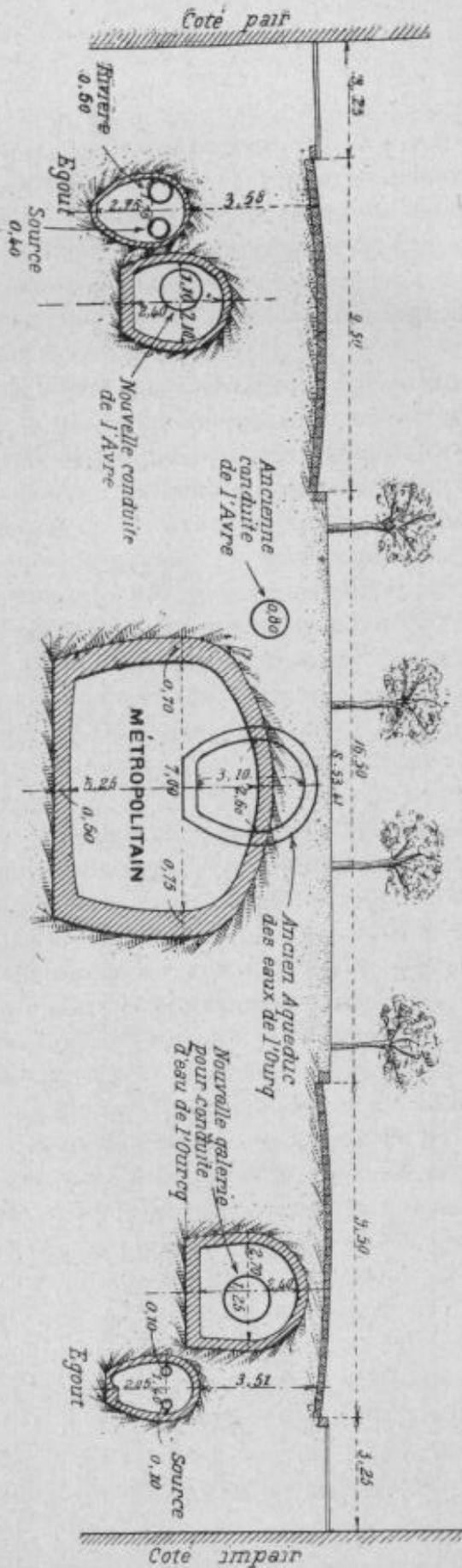
La dépense à laquelle sont évalués ces divers travaux s'élève à 2 875 000 francs, dont 2 450 000 francs seulement au compte du Métropolitain, le reste étant porté au compte du Service des eaux et correspondant aux améliorations réalisées dans la distribution.

Déviations d'égouts. — Parmi les travaux de déviation d'égouts occasionnés par le passage du Métropolitain sous les anciens boulevards extérieurs, nous nous bornerons à citer les principaux et les plus caractéristiques.

Sur les boulevards de Clichy et de Rochechouart, les eaux du versant Sud de Montmartre s'écoulaient jusqu'ici dans les égouts du IX^e arrondissement et de là dans le collecteur des Coteaux, puis dans celui de Clichy (autrefois celui d'Asnières) qui les conduit à l'usine élévatoire de Clichy, d'où elles sont dirigées soit sur Gennevilliers, soit sur Achères. Ces eaux seront maintenant recueillies dans un nouveau collecteur qui, partant de la rue Lepic, suit le côté pair des boulevards précités pour se jonctionner, à la rue Seveste, avec un collecteur déjà existant. Ce collecteur suit le boulevard Rochechouart et la rue de la Chapelle et va aboutir au collecteur du Nord qui conduit les eaux directement, et par simple gravité, sur les champs d'épandage de Gennevilliers. Le nouveau collecteur renfermera la nouvelle conduite d'eau de l'Avre, de 1 mètre de diamètre, conduite qui, au delà des limites de cet ouvrage, sera enfermée dans une galerie spécialement construite à cet effet.

A partir de la rue de Meaux et jusqu'à la rue de Bagnolet, les eaux des égouts des XIX^e et XX^e arrondissements étaient recueillies auparavant par le collecteur du Nord, situé du côté impair des boulevards de la Villette, de Belleville et de Ménilmontant, c'est-à-dire du côté des XI^e et XII^e arrondissements. Ces égouts traversent donc lesdits boulevards et ils se trouvent, par suite, coupés par le Métropolitain, de sorte qu'il est nécessaire

Fig. 97. — Coupe transversale montrant les positions respectives du Métropolitain et des égouts sous le boulevard des Batignolles.



de les recevoir dans un nouveau collecteur établi du côté pair des mêmes voies.

La section de ce collecteur (fig. 98 et 99), dont la cuvette a uniformément 4^m 20 de largeur sur 4^m 30 de profondeur jusqu'à la rue de Ménilmontant, a été établie d'une façon variable en divers points de son parcours, en raison du nombre et de l'importance des conduites d'eau qui doivent y être reportées.

En deux points situés, l'un au droit de la rue de Belleville, l'autre à l'aval de la rue de Ménilmontant, on a donné au nouveau collecteur une section particulière qui correspond à deux ouvrages spéciaux destinés à arrêter les sables. La profondeur de la cuvette y est de 2 mètres, correspondant à un approfondissement de 0^m 70 de la section normale. Les sables reçus par le collecteur, et rassemblés à l'aide du wagon-vanne, se déposent dans le bassin ainsi constitué. Une drague à manœuvre électrique, circulant sur un chemin de roulement fixé à la voûte, puisera ces sables dans la cuvette et les chargera dans des wagonnets appropriés qui, remorqués dans le collecteur même par un tracteur également électrique, seront déchargés directement dans des bateaux amenés par le canal Saint-Martin, à son passage sous le boulevard de la Villette.

Au delà de la rue de Bagnolet, le nouveau collecteur du Nord se continue par une galerie secondaire.

L'évacuation des eaux de la rue d'Avron et de la place de la Nation donne lieu à d'importantes transformations dans le réseau d'égouts. Une galerie a été établie sous la place de la Nation, à une altitude très basse, afin que les diverses lignes métropolitaines puissent être établies au-dessus. Cette galerie va se raccorder, à la rue de Picpus, à un nouveau collecteur qui, passant lui-même sous le Métropolitain, au boulevard Diderot, vient déboucher par les rues de Montreuil, Faidherbe et Chanzy, dans les collecteurs des Coteaux dont il forme en quelque sorte un dédoublement.

Sauf en quelques points particuliers, tous ces travaux, qui ont été commencés en septembre 1900 et qui sont actuellement (mai 1901) terminés, ont été exécutés en souterrain, de façon à gêner le moins possible la circulation.

La dépense à laquelle ils ont été évalués s'élève à 3 981 500 francs, mais sur cette somme, 3 144 500 francs seulement doivent être mis au compte du Métropolitain, le restant devant être attribué aux travaux d'amélioration du Service des égouts qui ont été réalisés à cette occasion.

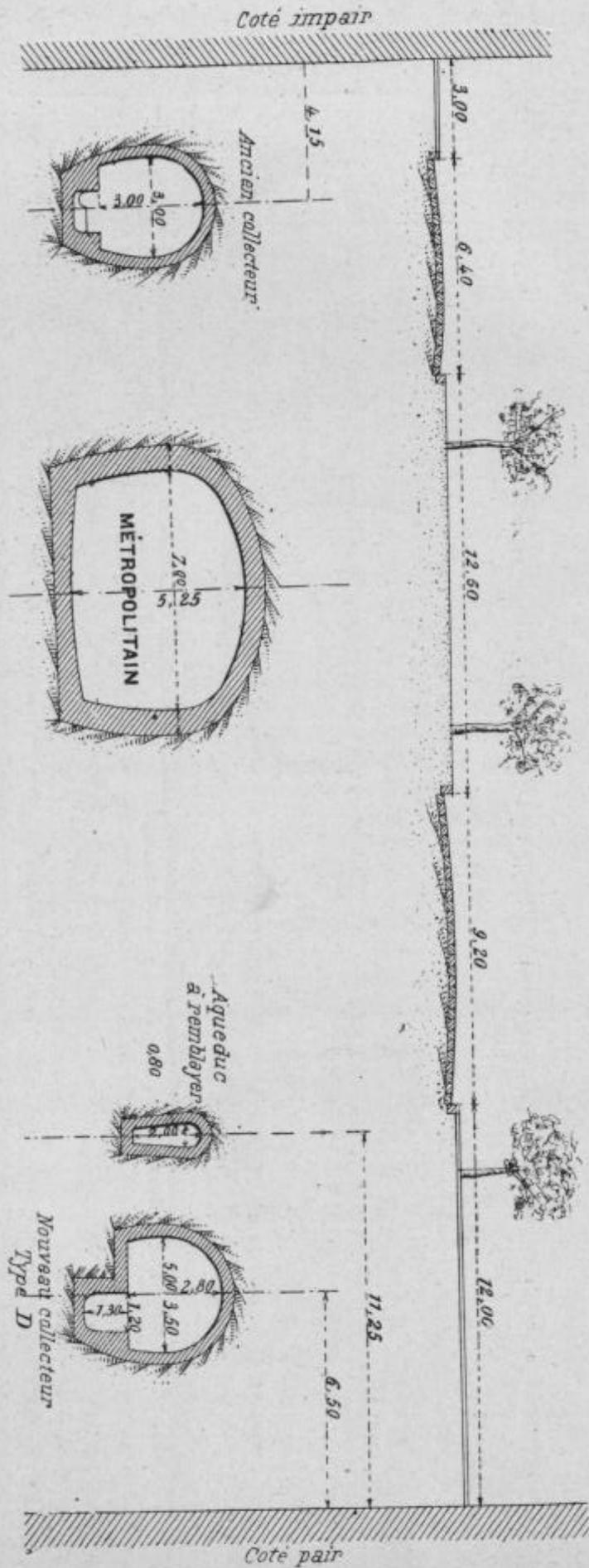


Fig. 98. — Coupe transversale montrant les positions respectives du Métropolitain et des égouts sous le boulevard de la Villette.

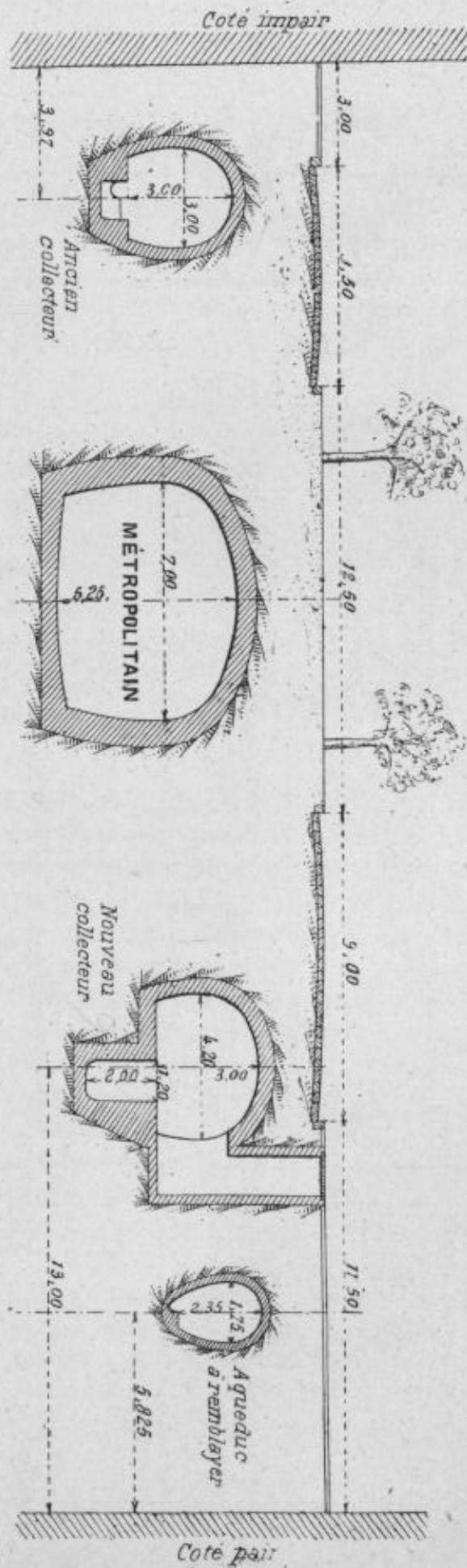


Fig. 99. — Coupe transversale montrant les positions respectives du Métropolitain et des égouts sous le boulevard de Belleville.

TRAVAUX DU CHEMIN DE FER PROPREMENT DIT.

Les travaux de la ligne en construction ont été divisés en trois sections comprenant chacune trois lots, soit neuf lots en tout. Les trois premiers et les trois derniers ne comprennent que des travaux en souterrain, tandis que la section centrale comprend uniquement la partie aérienne de la ligne.

Voici les emplacements et les longueurs respectives de ces différents lots (fig. 84, page 137 et fig. 1, pl. VI) :

N ^{os} . des lots	EMPLACEMENT DES LOTS	LONGUEUR
		mètres
1	De l'origine (place de l'Étoile) à l'ouvrage spécial situé en tête de la station de l'Avenue de Villiers	1 284,00
2	Du point ci-dessus à l'extrémité de la station de la Place Clichy.	1 313,50
3	De la place Clichy au kilom. 4,088, point de passage du souterrain au viaduc.	1 490,50
4	Du point ci-dessus à l'origine du premier viaduc de la traversée du Chemin de fer du Nord	602,41
5	De l'origine du premier viaduc du Chemin de fer du Nord à l'extrémité du viaduc du Chemin de fer de l'Est	534,86
6	De l'extrémité du viaduc du Chemin de fer de l'Est au kilom. 6,160, point de passage du viaduc au souterrain.	934,73
7	Du point ci-dessus à l'origine de la station de la Rue de Ménilmontant.	1 734,50
8	De l'origine de la station de Ménilmontant à l'extrémité de la station de la Rue de Bagnole	1 561,00
9	De la station de Bagnole à la fin du projet (place de la Nation).	1 674,30
	LONGUEUR TOTALE	40 539,00

A la tête de chaque section et toujours sous la haute direction de M. Bienvenüe, Ingénieur en chef du Service technique du Métropolitain, et de M. Biette, Ingénieur en chef-adjoint, se trouve un Ingénieur spécial : M. Briotet pour la section de l'Est, M. Locherer pour la section du Centre et M. Pollet pour la section de l'Ouest.

Quant aux neuf lots, ils ont été adjugés à cinq entrepreneurs seulement. Deux d'entre eux ont obtenu l'adjudication de deux lots, et un autre l'adjudication de trois lots.

Il est assez curieux de remarquer que parmi les nouveaux entrepreneurs, aucun n'avait participé aux travaux de la partie du Métropolitain déjà construite.

Le tableau ci-après donne les noms des entrepreneurs, le montant de l'adjudication et le prix par mètre courant dans chaque lot :

Nos des Lots	ENTREPRENEURS	RABAIS o/o	MONTANT de L'ADJUDICATION rabais déduit	LONGUEUR des LOTS	DÉPENSE par MÈTRE courant
			francs	mètres	francs
1	Gonchon	23,90	1 558 542,49	1 284,00	1 227,80
2	Gonchon	21,90	2 160 838,57	1 313,50	1 670,81
3	Legrand	20,20	1 992 149,03	1 490,50	1 359,90
4	Leclaire.	24,40	1 497 418,28	602,41	2 560,12
5	Moisant, Laurent, Savey et C ^{ie}	22,20	1 868 659,53	534,86	3 549,19
6	Moisant, Laurent, Savey et C ^{ie}	24,20	2 655 012,49	934,73	2 895,02
7	Gonchon	15,70	2 631 385,74	1 734,50	1 556,81
8	Dedeyn	15,00	2 214 184,64	1 561,00	1 448,43
9	Dedeyn	16,00	2 008 748,03	1 074,50	1 317,45
	TOTAUX ET MOYENNE . .		18 586 938,80	10 539,00	1 758,07

Tous les prix contenus dans ce tableau ne concernent que l'infrastructure, c'est-à-dire ne comprennent pas la pose de la voie, l'aménagement des stations, etc., qui, ainsi que nous l'avons expliqué précédemment, sont à la charge du concessionnaire chargé de l'exploitation, c'est-à-dire de la Compagnie du Métropolitain.

Ils ne comprennent pas non plus certains travaux complémentaires qui seront nécessaires pour le raccordement des voies publiques et dont le total est évalué à la somme de 450 300 francs, assez inégalement répartie entre les différents lots.

Enfin, pour avoir le coût total présumé de la nouvelle ligne, il faut encore ajouter à la somme ci-dessus une dépense de 3 735 000 francs pour imprévus et frais de surveillance et de personnel, de sorte que le montant total de l'estimation est de près de 30 millions se décomposant ainsi :

Travaux préparatoires	{ Eaux Fr. 2 875 000 Égouts 3 981 500	6 856 500 Fr.
Montant des adjudications (nombre rond)		18 586 900
Raccordements de la voie publique		450 800
Personnel et imprévus.		3 735 000
	TOTAL.	<u>29 629 200 Fr.</u>

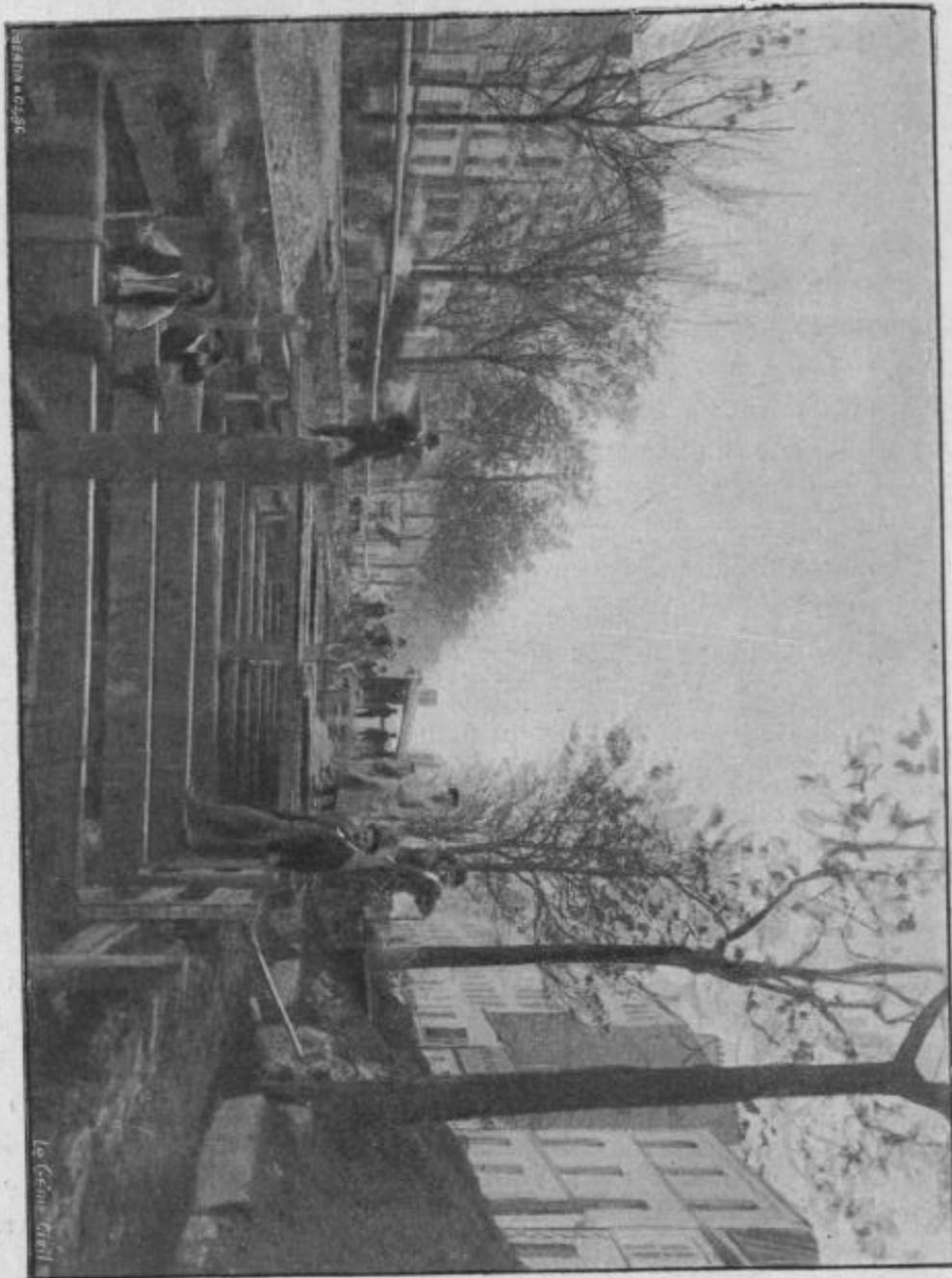


Fig. 100. — *Construction d'un nouvel égout collecteur sous le boulevard de Belleville :
Tranchée située entre la rue Étienne-Dolet et le passage Deschamps (vue prise le 10 novembre 1900).*

Pour une longueur totale de 10 539 mètres, cette somme donne un prix de revient total de 2 811 fr. 38 par mètre courant. Ce chiffre n'est évidemment pas définitif, mais tout porte à croire qu'il s'écartera peu de la réalité.

Nous avons vu que, dans la partie du réseau métropolitain ouverte à l'exploitation, la dépense totale de l'infrastructure avait été de 36 941 000 francs pour une longueur de 13 959^m 90, soit de 2 646 fr. 22 par kilomètre.

Contrairement à ce que l'on aurait pu supposer, *a priori*, le prix de la ligne en construction sera donc plus élevé que celui de la ligne en exploitation. Il est facile de se rendre compte, par l'examen du tableau ci-dessus, donnant les prix de revient par mètre courant dans chaque lot, que la cause de cette augmentation est uniquement due aux deux kilomètres de viaduc de la nouvelle ligne. On voit, en effet, que le prix de revient par mètre courant dans la partie en viaduc est environ le double de celui de la partie en souterrain. Dans cette dernière partie les prix sont, au contraire, sensiblement inférieurs à ceux de la ligne Porte de Vincennes-Porte Maillot, ce qui s'explique aisément car, sur les anciens boulevards extérieurs, le sous-sol est beaucoup moins encombré de vestiges d'anciennes constructions que dans la rue de Rivoli, notamment, et les travaux s'y exécuteront avec plus de facilité que dans le centre de Paris.

Il faut cependant remarquer que la proximité de la Seine, que l'on a pu atteindre avec des galeries auxiliaires, a été d'un précieux secours pour l'enlèvement des déblais de la transversale Est-Ouest, et que l'on ne trouvera pas, à beaucoup près, les mêmes commodités pour les travaux de la nouvelle ligne. Les déblais de cette dernière devront être, presque en totalité, évacués par tombereaux aux décharges publiques.

Pour que l'on puisse se faire une idée, au moins approximative, de l'importance relative des divers éléments qui interviennent dans l'établissement des prix de revient, nous donnerons le détail estimatif d'un mètre courant de souterrain entièrement maçonné en voie courante.

Nous nous bornerons à citer les principaux autres prix, car dans leur composition il entre un bien plus grand nombre d'éléments :

Prix du mètre linéaire de souterrain à deux voies, type courant, en alignement droit ou en courbe d'au moins 100 mètres de rayon.

DÉSIGNATION DES OUVRAGES	QUANTITÉS	PRIX	PRODUITS
		francs	francs
Fouille en souterrain	47 ^{m³} 64	14,00	666,96
Maçonnerie de béton avec ciment de laitier ou de Portland	8 ^{m³} 12	29,00	235,48
Maçonnerie en blocs de béton comprimé ou en meulière, avec mortier ou ciment de laitier ou de Portland	6 ^{m³} 71	33,00	221,43
Enduit de mortier de ciment de Vassy	8 ^{m²} 09	2,40	19,42
Enduit de mortier de ciment de Portland	13 ^{m²} 29	2,55	33,89
Injection de mortier de ciment de Portland	10 ^{m³} 09	4,00	40,36
Plus-value pour exécution de niches	»	»	2,46
PRIX TOTAL			4 220,00

Prix du mètre linéaire de souterrain à deux voies, type élargi pour courbes de 50 à 99 mètres de rayon	Fr. 1 280
Prix du mètre linéaire de souterrain à voie unique	744
Prix du mètre linéaire de tranchée couverte sous contre-allée	2 000
— — — — — chaussée	2 500
Prix du mètre linéaire de station voûtée	3 130
— — — — — avec plancher métallique, sous contre-allée	4 170

Tous ces prix sont les prix du devis, c'est-à-dire ne comprennent pas les rabais consentis par les entrepreneurs. Or on a vu que, contrairement à ce qui s'était produit pour la première ligne, l'adjudication de la ligne dont nous nous occupons ici a donné lieu à des rabais qui ont très sensiblement abaissé les prix d'évaluation, puisque ces rabais ont atteint de 15 à 23,90 % dans les lots en souterrain et de 22,20 à 24,40 % dans les lots en viaduc.

Les prix des bordereaux étaient pourtant sensiblement les mêmes dans les deux cas et cependant l'adjudication des travaux de la première ligne n'avait donné lieu qu'à des rabais insignifiants dont le plus fort était de 5,20 %. La différence entre ces deux résultats tient sans doute à ce que, au moment de la première adjudication, les entrepreneurs étaient sollicités de divers côtés, non seulement par les travaux de l'Exposition universelle, mais encore par des entreprises importantes telles que :

le prolongement de la ligne d'Orléans dans Paris, les lignes de Courcelles au Champ-de-Mars et d'Issy-les-Moulineaux à Viroflay, les constructions des gares de Lyon, d'Orléans et Montparnasse, l'adduction des eaux du Loing et du Lunain, etc., tandis que maintenant que tous ces travaux sont terminés, les entrepreneurs se font une concurrence plus acharnée.

En ce qui concerne les lots en viaducs, les forts rabais qui ont

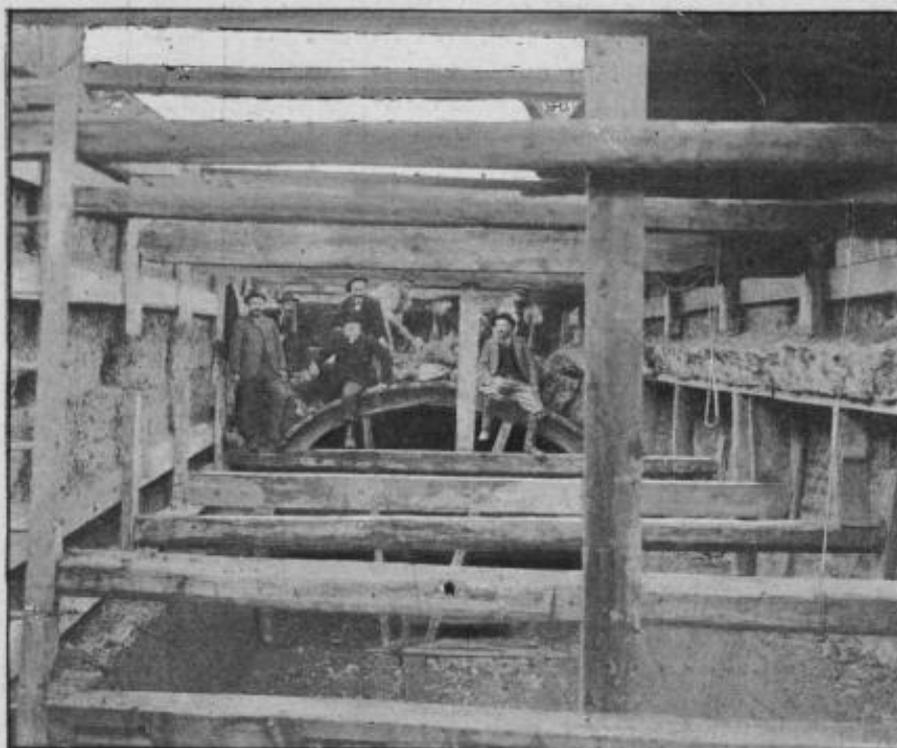


FIG. 101. — Boisage de la fouille du bassin de désablement
(vue prise, sous le boulevard de Belleville, le 10 novembre 1900).

été consentis s'expliquent, non seulement par la raison que nous venons de donner, mais aussi par la baisse qui s'est produite sur les fers entre le moment où les devis ont été dressés (premiers mois de 1900) et le moment où a lieu l'adjudication (27 octobre 1900), baisse qui, comme on sait, continue d'ailleurs à se manifester.

DÉLAIS ET PROCÉDÉS D'EXÉCUTION.

Parmi les conditions imposées par le cahier des charges aux entrepreneurs, nous signalerons les suivantes :

Les ouvriers et employés devront avoir un jour de repos par semaine et ce jour devra être le même pour tous les ouvriers d'un même chantier, ce qui revient à dire que chaque chantier devra chômer un jour par semaine;

Il est interdit d'employer plus d'un dixième d'ouvriers étrangers pour chaque nature de travaux;

Les ouvriers devront recevoir un salaire normal égal pour chaque profes-



FIG. 162. — Boisage d'une petite galerie (vue prise le 10 novembre 1900).

sion, et dans chaque profession pour chaque catégorie, aux prix de la série des travaux d'architecture de la Ville de Paris du 1^{er} novembre 1882;

Enfin la durée du travail journalier sera limitée à la durée normale du travail en usage à Paris pour chaque catégorie, sans que cette durée soit supérieure à 10 heures.

En cas de nécessité absolue, l'entrepreneur pourra cependant déroger aux clauses ci-dessus, mais avec une autorisation spéciale de l'Administration et moyennant certaines conditions.

Les entrepreneurs ont trois mois pour organiser leurs chantiers, à partir de la notification de l'approbation de l'adjudication. Tous leurs travaux devront être terminés dans des délais qui varient, suivant les lots, de 16 à 20 mois à dater de la notification ci-dessus qui leur a été faite dans les derniers jours de novembre 1900.

En cas de retard sur les délais ainsi définis, chaque lot sera passible d'une amende de 500 francs par jour. Par contre, les entrepreneurs recevront une indemnité de 500 francs par chaque jour d'avance qu'ils gagneront sur les délais qui leur sont impartis. Nous avons vu que, dans la partie du Métropolitain déjà exécutée, la prime ou l'amende pour chaque jour d'avance ou de retard était de 2 000 francs.

Actuellement tous les chantiers sont en pleine activité, et quelques-uns même l'étaient déjà au commencement du mois de mars 1901, ainsi que le montrent les figures 90 à 94.

Ces chantiers consistent, d'ailleurs, dans les parties en souterrain, en de simples puits pour l'extraction des déblais et l'introduction des matériaux destinés aux maçonneries. Ces puits sont assez espacés les uns des autres et leur nombre est limité par l'Administration afin d'éviter l'encombrement des voies publiques. Les entrepreneurs ont, du reste, la faculté d'employer ou non les boucliers et la seule condition qui leur soit imposée dans leurs procédés d'exécution, c'est de recourir aux moyens qui permettent de ne gêner que le moins possible la circulation.

Tout porte à croire que ces importants travaux seront exécutés dans les délais prescrits, grâce à l'habileté des Ingénieurs qui en sont chargés et qui sont ceux-là mêmes auxquels est due l'exécution de la ligne actuellement en service.

*
* *

Rappelons ici que, d'après sa convention avec la Compagnie concessionnaire, la Ville de Paris doit livrer à cette dernière, dans un délai maximum de huit ans à dater de la promulgation de la loi déclarative d'utilité publique (30 mars 1898), les trois premières lignes du réseau métropolitain.

La première ligne (Vincennes-Porte Maillot) a été livrée dans les premiers mois de 1900, et nous venons de voir que la branche Nord de la deuxième le sera au plus tard vers la fin de 1902, probablement même vers le milieu de l'année. Quant à la branche Sud de la ligne circulaire par les anciens boulevards extérieurs, les projets d'exécution en sont très avancés et pourront sans doute être mis en adjudication dans le courant de la présente année. La grande faveur avec laquelle a été accueillie la partie du Métropolitain déjà livrée à l'exploitation, a décidé la Ville à accélérer la construction des autres lignes. Aussi, la troi-

sième ligne (Courcelles-Ménilmontant) sera-t-elle exécutée concurremment avec la précédente.

Pour les deux autres réseaux qui font partie de l'ensemble des lignes prévues dans la convention passée entre la Ville de Paris et la Compagnie concessionnaire, la première s'est réservé un délai de cinq ans pour la construction de chacun d'eux, mais il faut espérer qu'elle n'usera pas de cette faculté et que, notamment, la transversale Nord-Sud, qui paraît devoir être l'une des lignes les plus utiles et les plus fréquentées, sera entreprise le plus tôt possible.

Il faut espérer aussi que la Compagnie concessionnaire mettra le même empressement à assurer l'exploitation des lignes ci-dessus que celui dont elle a fait preuve dans la mise en service de la ligne Vincennes-Porte Maillot.

Quoique le premier tronçon d'infrastructure de cette ligne n'ait été remis par la Ville à la Compagnie que le 2 décembre 1899 et le dernier le 15 juin 1900, nous avons vu cependant que le service de l'exploitation avait pu commencer le 19 juillet suivant.

Or, d'après l'article 3 du cahier des charges, la Compagnie disposait d'un délai de dix mois, à partir de la livraison des travaux par la Ville, pour exécuter les travaux de superstructure et mettre la ligne en service.

*
* *

En terminant cette étude, il est juste de rendre hommage à la persévérance du Conseil municipal et à l'habileté avec laquelle M. André Berthelot, rapporteur de la Commission chargée de l'étude du Métropolitain, a su défendre, près des Pouvoirs publics et de l'opinion, un projet qui, au début, avait été très froidement accueilli et avait soulevé de vives critiques. Les résultats déjà acquis montrent que la plupart de ces critiques n'étaient heureusement pas fondées et que non seulement le Conseil municipal a doté la Ville d'un moyen de transport extrêmement utile et commode, mais encore que cette dernière fait une excellente opération financière en construisant elle-même son chemin de fer urbain et en n'ayant recours à un concessionnaire que pour son exploitation.

Nous avons vu, en effet (page 56) que la construction du réseau actuellement en service a coûté 36 941 000 francs et qu'en moins de dix mois d'exploitation, les recettes réalisées sur ce réseau se sont élevées (page 123) pour la seule part de la Ville à 1 806 467 fr. 30. Pour les quatre premiers mois de 1901, qui donnent des chiffres

moins affectés par la période de mise en train, la part de recettes afférente à la Ville a été de 900 173 fr. 45, de sorte que, en admettant que le trafic ne continue pas à croître, pour l'année entière de 1901, il faut prévoir une recette atteignant en nombre rond :

$$900\ 000 \times 3 = 2\ 700\ 000 \text{ francs.}$$

Cette recette étant affectée à gager un capital de 37 millions en nombre rond fournit un intérêt de 7 %, tandis qu'on sait que l'emprunt municipal affecté à la construction du Métropolitain a été réalisé au taux de 3,50 % amortissement compris.

Sans doute il y a lieu de tenir compte de l'amortissement et de ce que certaines parties du réseau seront moins productives que celle actuellement en exploitation, mais il paraît dès maintenant bien certain que, dans leur ensemble, les recettes seront plus que suffisantes pour gager l'emprunt auquel elles doivent être affectées.

Nous n'insisterons pas davantage sur ce point, la constatation que nous venons de faire ayant simplement pour but de montrer que l'expérience paraît vouloir donner raison aux promoteurs du projet adopté et justifier leurs conceptions.

Rappelons enfin que ce projet a été étudié, sous la haute direction de MM. Huet et DeFrance, directeurs administratifs des travaux de la Ville de Paris, par M. l'Ingénieur en chef Bienvenüe, assisté de MM. Legouez, Biette, Briotet, Locherer et Pollet. Nous avons dit au cours de cette étude comment ont été répartis entre ces Ingénieurs les travaux déjà exécutés ou en cours d'exécution.

Quant aux travaux de la Compagnie concessionnaire, ils ont été exécutés d'abord sous la direction de M. Rœderer, puis sous celle de M. H. Maréchal. Actuellement ils sont exécutés, sous la direction de M. Garetta, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, par M. Détroyat, Ingénieur de la voie et des travaux neufs.

Les services de l'exploitation sont placés sous la direction de M. Vignes, et ont pour chefs M. Cuny pour l'exploitation proprement dite, M. H. de Grièges, pour le matériel et la traction et M. Faiveley pour l'usine génératrice d'électricité du quai de la Rapée.

APPENDICE

Programme général d'exploitation.

En décrivant (page 22) le réseau de chemin de fer métropolitain projeté par la Ville de Paris, et approuvé par la loi du 30 mars 1898, nous faisons remarquer que ce réseau était formé par une série de lignes, généralement indépendantes les unes des autres. Certaines lignes ont cependant des parties communes, c'est-à-dire qu'il existe des tronçons sur lesquels, d'après le programme primitif, devaient circuler des trains appartenant à deux lignes différentes. Il en est ainsi, par exemple, de la section comprise, sous le boulevard Diderot, entre la gare de Lyon et la place de la Nation (fig. 103), qui devait être parcourue par les trains de la « Circulaire par les anciens boulevards extérieurs (ligne B ou n° 2) » aussi bien que par ceux de la ligne « Porte de Vincennes-Porte Maillot (ligne A ou n° 1) ».

L'expérience déjà acquise sur cette dernière ligne a montré, d'une part, que les trains ne sauraient être espacés de moins de deux minutes et demie (actuellement, ils le sont au moins de trois) et, d'autre part, que le trafic que dessert cette ligne est assez intense pour que l'on ne puisse songer à y diminuer le nombre des trains. Il est donc impossible d'intercaler entre ces trains, espacés de trois minutes, de nouveaux trains appartenant à une ligne différente et il en résulte que le programme primitif d'exploitation a dû être modifié en certains points.

Pour expliquer la nécessité de cette modification, il est indispensable de rappeler que, au moment où le projet du Métropolitain a été établi, on avait prévu que l'exploitation se ferait par *circuits fermés*, tandis que la Compagnie concessionnaire a préféré employer le système d'exploitation *en navette*.

Dans l'exploitation par circuits fermés, on fait parcourir aux trains un itinéraire formant une boucle fermée sur elle-même, chaque train recommençant le même tour, une fois cette boucle parcourue, et tournant ainsi toujours dans le même sens. Si l'on juxtapose deux circuits l'un à côté de l'autre, de façon que, sur une certaine longueur, ils aient leurs voies communes, ces voies seront parcourues par les trains circulant sur les deux boucles. Ce système a, comme on le voit, l'avantage de permettre la superposition, en certains points, de deux ou plusieurs graphiques, de façon à obtenir une grande intensité de circulation, là où l'on suppose que le trafic doit être plus abondant.

L'établissement de ce mode d'exploitation nécessite donc des voies de raccordement, pour former les boucles ou circuits fermés au moyen des différentes lignes du réseau. Il a, en outre, l'inconvénient de né-

cessiter des aiguillages en tous les points où les mêmes voies doivent desservir deux ou plusieurs circuits.

C'est pour supprimer ces aiguillages, dont le parfait fonctionnement exigerait une attention extrêmement soutenue, par suite du grand nombre de trains et de leur faible espacement, que la Compagnie du Métropolitain a cru devoir adopter le système d'exploitation en navette.

Ce système consiste à faire parcourir aux trains une ligne donnée dans un sens et à les faire revenir en sens inverse à leur point de départ, après les avoir fait tourner, au terminus, au moyen d'une boucle de faible rayon, en forme de *raquette*. Chaque train, au lieu de tourner toujours dans le même sens sur un itinéraire fermé, comme dans le cas précédent, accomplit, au contraire, une série d'aller et retour, aussi ce système est-il appelé de *va-et-vient* ou de *bout-en-bout*.

Malgré les différences qui le caractérisent, la substitution de ce système d'exploitation à celui par circuits fermés a pu se faire sans entraîner de bien sérieuses modifications dans les itinéraires prévus dans le projet adopté.

Pour que l'on puisse se rendre compte des modifications qui ont ainsi été nécessitées, il nous paraît indispensable de rappeler les itinéraires des six lignes composant le réseau concédé :

LIGNE A (n° 1) : De la porte de Vincennes à la porte Dauphine. — Cours de Vincennes, boulevard Diderot, rue de Lyon, place de la Bastille, rues Saint-Antoine et de Rivoli, place de la Concorde, Champs-Élysées, place de l'Étoile, avenue Victor-Hugo et avenue Bugeaud.

LIGNE B (n° 2) : Circulaire par les anciens boulevards extérieurs. — Place de l'Étoile, avenue de Wagram, boulevards de Courcelles, des Batignolles, de Clichy, de Rochechouart, de la Chapelle, de la Villette, de Belleville, de Ménilmontant et de Charonne, avenue de Taillebourg, place de la Nation, où cette ligne se soude avec la ligne A pour se confondre avec celle-ci le long du boulevard Diderot, quai de la Rapée, pont d'Austerlitz, boulevard de l'Hôpital, place d'Italie, boulevards d'Italie, Saint-Jacques, Raspail, Edgar-Quinet, de Vaugirard, Garibaldi et de Grenelle, Trocadéro, avenue Kléber et place de l'Étoile.

LIGNE C (n° 3) : De la porte Maillot à Ménilmontant. — Porte Maillot, avenue de la Grande-Armée, confondue avec la ligne précédente entre la place de l'Étoile et le boulevard des Batignolles, rues de Constantinople et de Rome, boulevard Haussmann, rue Auber, place de l'Opéra, rue du 4-Septembre, place de la Bourse, rues Réaumur, de Turbigo et du Temple, place de la République, par-dessous le canal Saint-Martin, avenue de la République, avenue Gambetta et place Gambetta.

LIGNE D (n° 4) : De la porte Clignancourt à la porte d'Orléans. — Boulevards Ornano, Barbès, de Magenta, de Strasbourg et de Sébastopol, rue de Turbigo, Halles Centrales, rue du Louvre, traversée de la Seine en tunnel un peu en amont du pont des Arts, direction de la rue de Rennes, boulevard Raspail, place Denfert-Rochereau où elle devient parallèle à la ligne circulaire, et enfin avenue d'Orléans jusqu'à la porte d'Orléans.

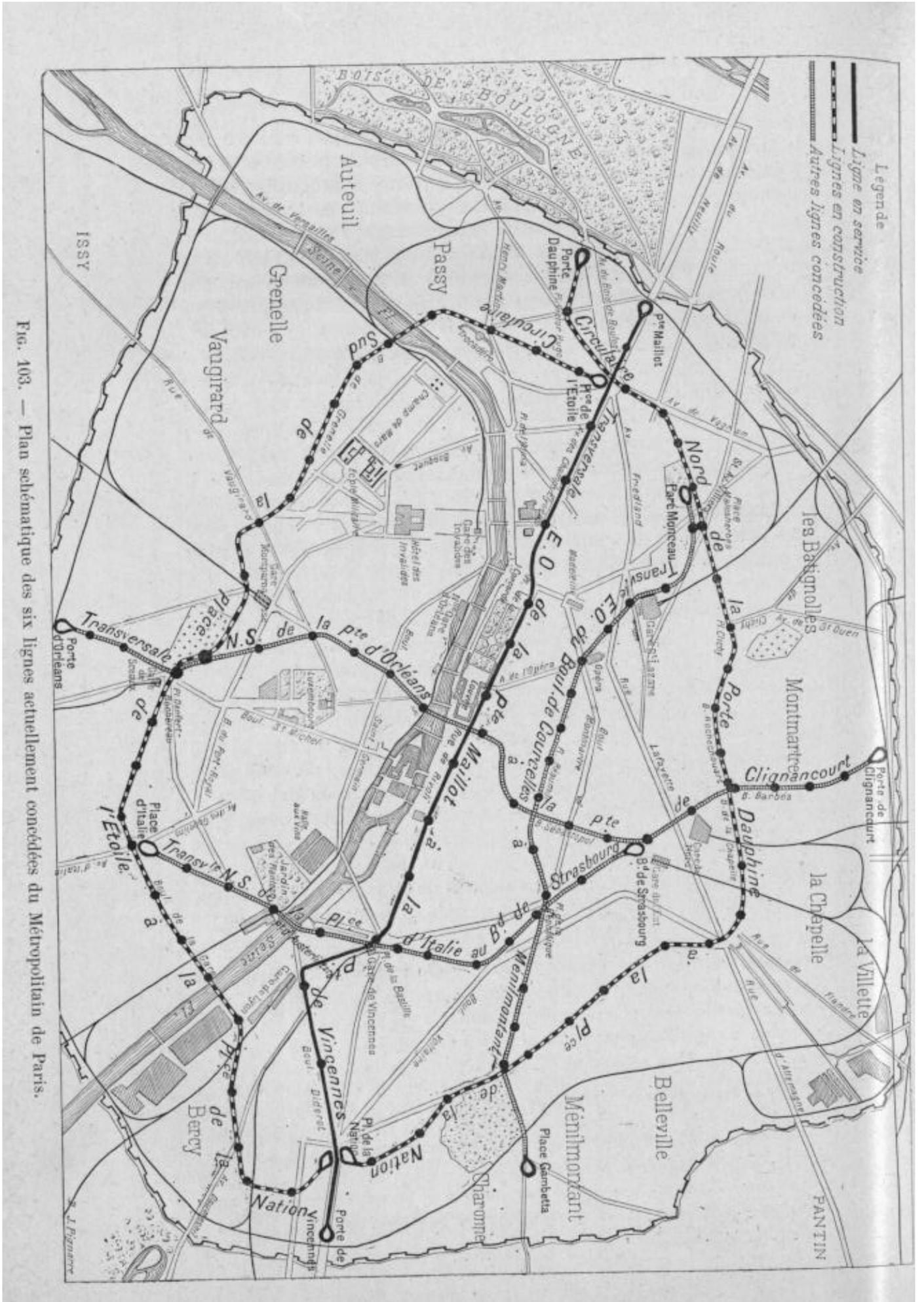


Fig. 103. — Plan schématique des six lignes actuellement concédées du Métropolitain de Paris.

LIGNE E (n° 5) : Du boulevard de Strasbourg au pont d'Austerlitz. — Boulevard de Magenta, place de la République, boulevards Voltaire et Richard-Lenoir, place de la Bastille, boulevard de la Bastille et quai de la Rapée.

LIGNE F (n° 6) : Du cours de Vincennes à la porte d'Italie. — Boulevards de Picpus, de Reuilly, de Bercy, pont de Bercy et boulevard de la Gare. Un raccordement établi en viaduc sur le quai de la Rapée, entre les ponts de Bercy et d'Austerlitz, relie cette ligne à la ligne B.

On sait déjà (voir page 29) que la ligne A, actuellement en exploitation, au lieu d'aboutir, comme cela avait été primitivement prévu, à la porte Dauphine, va directement à la porte Maillot, empruntant, à cet effet, la partie de la ligne C comprise entre ce dernier point et la place de l'Étoile.

Par suite du système d'exploitation en navette que la Compagnie du Métropolitain a substitué au système d'exploitation par circuits fermés, la ligne B (circulaire par les anciens boulevards extérieurs) a été divisée en deux parties : la branche Nord, actuellement en construction, et la branche Sud, dont les travaux seront prochainement commencés.

Ainsi que nous l'avons déjà expliqué (page 138), la circulaire Nord aura son origine à la porte Dauphine, c'est-à-dire commencera par le tronçon de la ligne primitive A, compris entre la place de l'Étoile et la porte Dauphine, auquel a été substitué le trajet Étoile-Porte Maillot. Son terminus, à l'est, sera la place de la Nation.

La circulaire Sud commencera à la place de l'Étoile. D'après le projet primitif, pour aboutir également à la place de la Nation, elle aurait dû emprunter les voies de la ligne A, entre la station de la Gare de Lyon et ladite place.

L'impossibilité de faire servir cette section au passage des trains de la ligne A et de la ligne B, branche Sud, a conduit, tout d'abord, à arrêter cette dernière à la station de la Gare de Lyon. Malheureusement, la disposition des lieux se prête mal à l'établissement, en ce point, d'une boucle permettant aux trains de repartir en sens inverse de celui de leur arrivée. De plus, le tracé entre le pont d'Austerlitz et la gare de Lyon est très défectueux car il présente une courbe de 50 mètres de rayon, alors que le rayon minimum prévu par le cahier des charges est de 75 mètres.

En présence des difficultés d'exploitation qui en seraient résultées, la Compagnie du Métropolitain avait demandé à transférer ce terminus de la gare de Lyon à la place de la Bastille. Pour satisfaire à cette demande il aurait fallu créer une voie aérienne arrivant à la place de la Bastille en longeant le bassin de l'Arsenal, sur le boulevard Bourdon, et en repartant par le boulevard de la Bastille.

Cette deuxième solution présentant encore divers inconvénients sur lesquels il est inutile d'insister ici, le service technique du Métropolitain en a proposé une troisième, d'ordre plus général, et qui paraît devoir donner toute satisfaction. Elle consiste à reporter le terminus

de la circulaire Sud à la place de la Nation en empruntant la ligne F, qui doit aller de la place d'Italie à la place de la Nation. On abandonne ainsi la partie de cette circulaire comprise entre la place d'Italie et le pont d'Austerlitz, mais le tronçon ainsi abandonné forme la suite toute naturelle de la ligne E, qui va de la gare de l'Est (boulevard de Strasbourg) au pont d'Austerlitz.

Cette dernière deviendra donc la ligne « boulevard de Strasbourg-place d'Italie », tandis que la branche Sud de la circulaire par les anciens boulevards extérieurs aura son terminus de l'est à la place de la Nation. Ce terminus sera constitué par une boucle plus ou moins symétrique de celle du terminus correspondant de la branche Nord, par rapport à la ligne Vincennes-Porte-Maillot, dont la station de la place de la Nation se trouvera entre les deux boucles. Il y aura donc, en ce point, une station triple, c'est-à-dire appartenant à trois lignes différentes.

Ajoutons enfin que la ligne C, qui devait avoir son origine d'abord à la porte Maillot, puis à la porte Dauphine, et utiliser les mêmes voies que la circulaire branche Nord, entre ce dernier point et la station double de l'avenue de Villiers, sur le boulevard de Courcelles, sera dotée d'un terminus spécial constitué par une boucle tangente à cette station.

Il résulte de ces nouvelles dispositions, adoptées par le Conseil municipal, dans sa séance du 14 juin 1901, que l'exploitation du réseau métropolitain déclaré d'utilité publique par la loi du 30 mars 1898, se fera au moyen des six lignes suivantes :

- 1^o Ligne transversale Est-Ouest, de la porte Maillot à la porte de Vincennes;
- 2^o Ligne circulaire Nord, de la porte Dauphine à la place de la Nation, par les anciens boulevards extérieurs de la rive droite;
- 3^o Ligne circulaire Sud, de la place de l'Étoile à la place de la Nation, par les anciens boulevards extérieurs de la rive gauche;
- 4^o Ligne transversale Est-Ouest, du boulevard de Courcelles (près du parc Monceau) à Ménilmontant;
- 5^o Ligne transversale Nord-Sud, de la porte de Clignancourt à la porte d'Orléans;
- 6^o Ligne transversale Nord-Sud, du boulevard de Strasbourg à la place d'Italie.

Le nombre des lignes est le même que dans l'énumération primitive, mais la ligne n^o 2 est dédoublée et la ligne n^o 6 englobée dans la nouvelle ligne n^o 3.

Comme on le voit sur le plan ci-joint (fig. 103), toutes ces lignes sont en relation les unes avec les autres, de sorte qu'on pourra se rendre, sans avoir besoin de prendre un nouveau billet, d'une station quelconque du réseau à une autre station également quelconque.

Les modifications que nous venons de signaler n'étant, en somme, que de simples combinaisons qui ne touchent en rien aux tracés définis par la loi déclarative d'utilité publique, leur adoption a pu se faire sans qu'il y ait eu lieu de recourir à de nouvelles enquêtes. Toutefois

l'assentiment de la Compagnie du Métropolitain a été nécessaire pour incorporer la ligne F dans la ligne B, car, d'après la convention intervenue entre la Ville et la Compagnie concessionnaire, les lignes devaient être livrées à cette dernière dans l'ordre alphabétique par lequel elles sont désignées.

En comparant le plan schématique ci-joint au plan général du réseau approuvé, on voit que, non seulement le système d'exploitation que nous venons d'exposer n'introduit pas de nouveaux éléments dans les tracés du réseau, mais qu'il supprime un certain nombre de raccordements prévus dans le projet primitif pour les besoins de l'exploitation par circuits fermés. Toutefois, cet avantage est, comme nous l'avons déjà dit, compensé, au moins en partie, par la dépense occasionnée par l'établissement des boucles terminales nécessaires au système d'exploitation en navette.

Nouvelles voitures.

L'expérience ayant démontré que les voitures en service depuis le commencement de l'exploitation du Métropolitain ne présentaient pas toutes les commodités désirables pour l'entrée et la sortie rapides des voyageurs, la Compagnie concessionnaire a étudié un nouveau modèle qui va être mis progressivement en circulation et dont nous dirons ici quelques mots.

On sait que les voitures actuellement en service comportent un couloir longitudinal de chaque côté duquel se trouvent des rangées de sièges transversales au nombre de dix dans les voitures de remorque, de huit dans les voitures automotrices à une seule loge de mécanicien, et de sept dans celles à deux loges. Ce couloir n'occupe, d'ailleurs, pas l'axe de la voiture : d'un côté les rangées de sièges ont 0^m 92 de longueur et comportent chacune deux places, tandis que de l'autre ces rangées n'ont que 0^m 45 et ne présentent qu'une seule place. On dispose ainsi de 30 places assises dans les voitures de remorque et une vingtaine de personnes peuvent, en outre, rester debout, soit dans le couloir longitudinal, soit dans les couloirs transversaux qui se trouvent aux deux extrémités des voitures, en face des portes d'entrée et de sortie.

Ces portes, qui sont coulissantes, n'ont qu'une largeur de 0^m 72 et l'ouverture nette qu'elles présentent ne dépasse guère 0^m 65. Il en résulte qu'il ne peut entrer ou sortir qu'une seule personne à la fois, ce qui ralentit considérablement les mouvements des voyageurs et occasionne quelquefois des bousculades; en tout cas, c'est là une cause d'augmentation de la durée des arrêts des trains.

Pour éviter ces divers inconvénients, la Compagnie du Métropolitain a étudié une nouvelle disposition pour les voitures, qu'elle va mettre successivement en service (fig. 104 et 105). Elle consiste à dou-

bler, en quelque sorte, la largeur des portes, afin de favoriser l'entrée et la sortie des voyageurs. Au lieu d'un seul panneau coulissant, les portes des nouvelles voitures en comportent deux, qu'un seul employé peut ouvrir simultanément en les éloignant l'un de l'autre. De plus, la largeur des couloirs transversaux qui se trouvent en face des portes, est portée de 1^m30 à 1^m90, ce qui achève de faciliter les dégagements et permet aux voyageurs d'accélérer leurs mouvements.

Ces améliorations, qui seront sans doute très goûtées du public, ont cependant été obtenues sans réduire le nombre de places assises. On a simplement remplacé les sièges fixes qui se trouvent de part et d'autre des couloirs transversaux par des strapontins. Le seul inconvénient qui paraît devoir en résulter, c'est que les personnes occupant les strapontins situés du côté de l'entrée seront obligées de se lever aux moments de grande affluence si elles ne veulent pas s'exposer à être bousculées.

Quoique le nombre de places offertes par les nouvelles voitures soit le même que dans les anciennes, leur longueur a été légèrement diminuée, de façon à réduire autant que possible la longueur totale des trains de 8 voitures que la Compagnie se propose de mettre en service. Ces trains se composeront, en général, de 2 voitures automotrices, dont la longueur entre tampons sera de 8^m98, et de 6 voitures de remorque de 8^m93, de sorte que leur longueur totale sera d'environ 71^m50, savoir :

2 automotrices de 8 ^m 98	=	17 ^m 96
6 voitures de remorque de 8 ^m 93	=	53 ^m 58
TOTAL		<u>71^m 54</u>

Or, on sait que la longueur des quais à voyageurs n'est que de 75 mètres et que le cahier des charges limite, d'ailleurs, à 72 mètres la longueur maximum des trains.

Les nouvelles automotrices, telles que celle représentée sur les figures 104 et 105, sont munies d'un contrôleur à 4 moteurs et pourront être mises en tête d'un train de 8 voitures, comportant deux automotrices, la première et la cinquième, munies chacune de deux moteurs. Nous avons expliqué plus haut (page 124) les motifs qui avaient déterminé la Compagnie à adopter ce système de traction. Toutefois, pendant les essais, les deux voitures automotrices seront placées toutes les deux en tête du train.



TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
AVANT-PROPOS	5
DESCRIPTION GÉNÉRALE DU RÉSEAU PROJETÉ.	7
<i>Historique</i>	7
<i>Dispositions essentielles du projet</i>	12
<i>Régime de la concession</i>	16
<i>Itinéraires et ordre d'exécution des différentes lignes métropoli-</i> <i>taines</i>	20
<i>Conditions générales du tracé</i>	26
LIGNES ACTUELLEMENT EXÉCUTÉES	29
Description de la voie	29
<i>Tracé</i>	29
<i>Profils en long</i>	35
<i>Souterrain en voie courante</i>	36
Souterrain à deux voies.	36
Souterrain à voie unique	37
<i>Voie courante</i>	38
<i>Stations</i>	40
Stations voûtées	42
Stations à plancher métallique.	44
Stations terminus.	44
Station double de la Gare de Lyon	45
Station de la Bastille	46
Accès des stations courantes	46
<i>Éclairage du souterrain et des stations</i>	50
Prix de revient et mode d'exécution des travaux d'infrastructure	50
<i>Travaux préparatoires</i>	50
<i>Travaux du chemin de fer proprement dit</i>	52
<i>Exécution des travaux</i>	58
Emploi du bouclier.	60
Mode d'exécution des différents lots	64

Signaux	72
Signaux proprement dits	73
Pédale	74
Relais	75
Fonctionnement du système	76
Matériel roulant	80
<i>Voitures d'attelage</i>	80
<i>Voitures automotrices</i>	83
<i>Ateliers et dépôts</i>	86
USINE ÉLECTRIQUE DE BERCY	88
<i>Description générale</i>	88
<i>Partie mécanique</i>	93
Chaudières	93
Transport mécanique du charbon	94
Machines à vapeur	96
<i>Partie électrique</i>	102
Alternateurs	102
Dynamo à courant continu	102
Dynamos auxiliaires	102
Groupe de transformation	103
Tableau de distribution	104
Batterie d'accumulateurs	104
Sous-station électrique de la place de l'Étoile	105
EXPLOITATION DES LIGNES EN SERVICE	109
<i>Généralités sur la construction et l'exploitation</i>	109
<i>Avantages du Métropolitain sur les autres systèmes de transport en commun</i>	114
<i>Trafic et recettes</i>	118
<i>Matériel en service et projeté</i>	124
<i>Personnel</i>	126
<i>Distribution des billets</i>	131
Appareil imprimeur-enregistreur-contrôleur	134
LIGNE ACTUELLEMENT EN CONSTRUCTION	136
<i>Tracé</i>	136
<i>Profil en long</i>	138
<i>Soulerrain en voie courante</i>	142
<i>Tranchées couvertes</i>	142

<i>Viaduc en voie courante</i>	146
<i>Stations</i>	148
<i>Stations voûtées</i>	152
<i>Stations à plancher métalliques</i>	152
<i>Stations en viaduc</i>	154
Prix d'évaluation et mode d'exécution des travaux	156
<i>Travaux préparatoires</i>	156
<i>Déviations des conduites d'eau</i>	156
<i>Déviations d'égouts</i>	158
<i>Travaux du chemin de fer proprement dit</i>	163
<i>Délais et procédés d'exécution</i>	168
APPENDICE	173
<i>Programme général d'exploitation</i>	173
<i>Nouvelles voitures</i>	178

LE CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN DE PARIS

Profils en long et en travers

Fig. 1. Profil en long de la ligne, Porte de Vincennes - Porte-Maillo

(Échelle des Fig. 1, 2 et 3 : 1/50000 pour les longueurs, 1/4000 pour les hauteurs.)

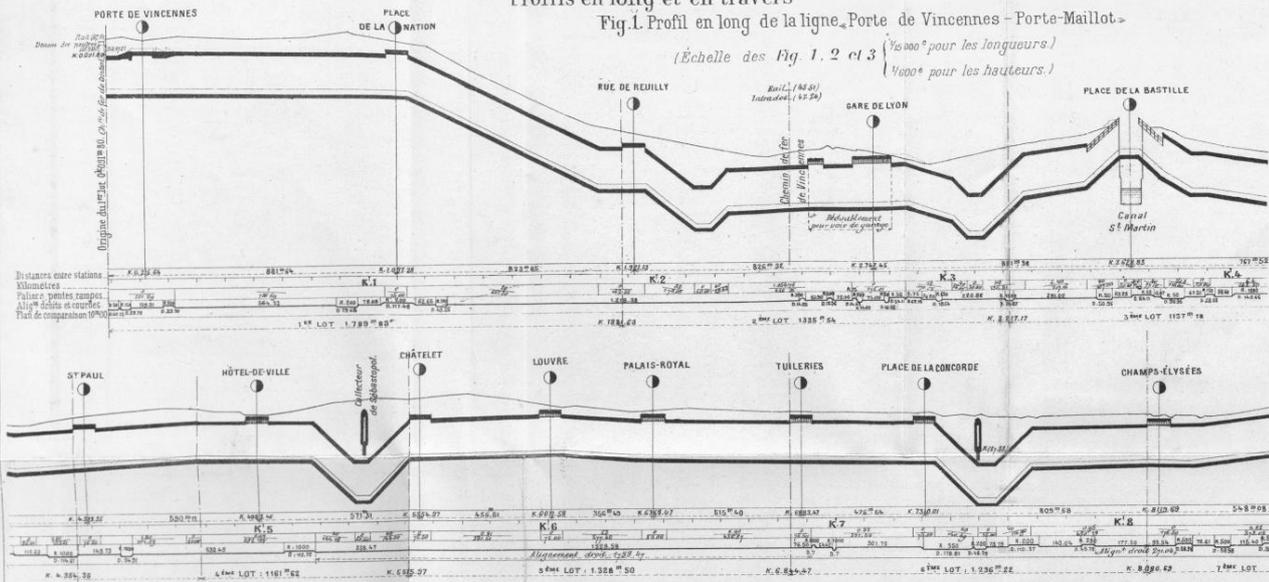


Fig. 2. Profil en long de l'embranchement, Etoile-Trocadéro

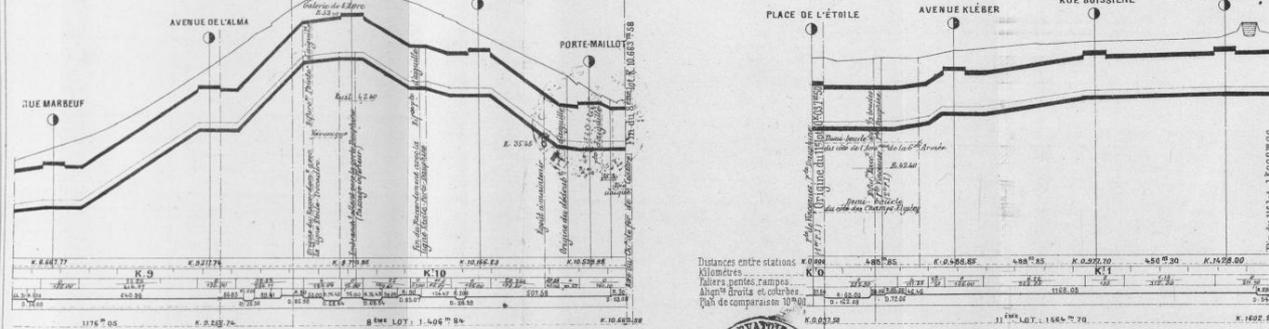


Fig. 3. Profil en long de l'embranchement, Etoile-Porte-Dauphins

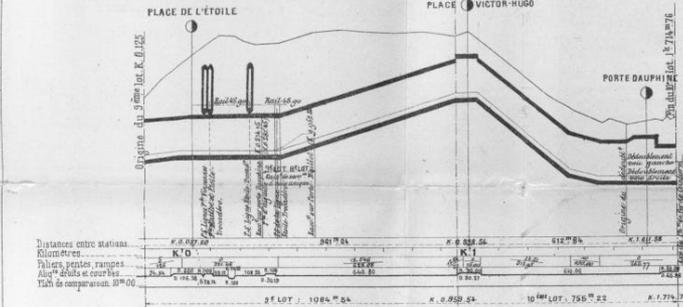


Fig. 10. Coupe transversale de la voie

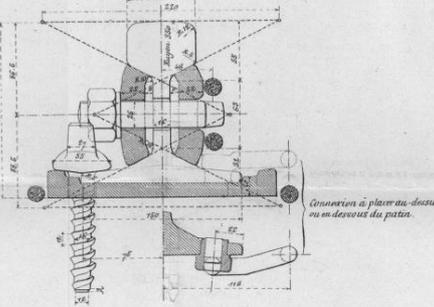


Fig. 4. Souterrain courant à 2 voies

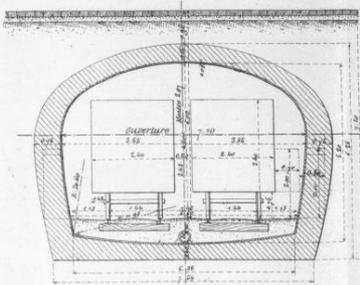


Fig. 5. Souterrain à 2 voies en courbe de 50m de rayon

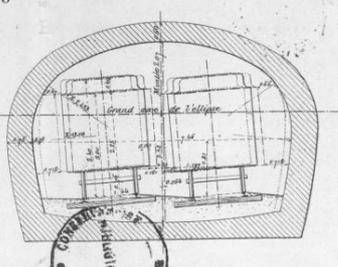


Fig. 6. Souterrain à 2 voies en courbe de rayon = 100m

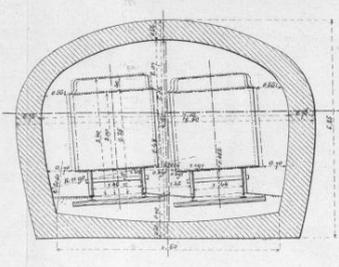


Fig. 7. Type de souterrain courant à une voie

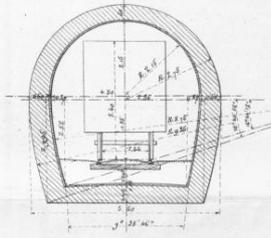


Fig. 8. Souterrain à une voie dans les courbes de 30m des terminus

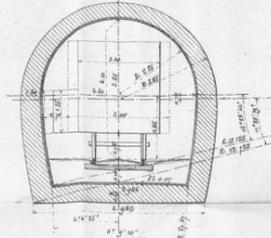
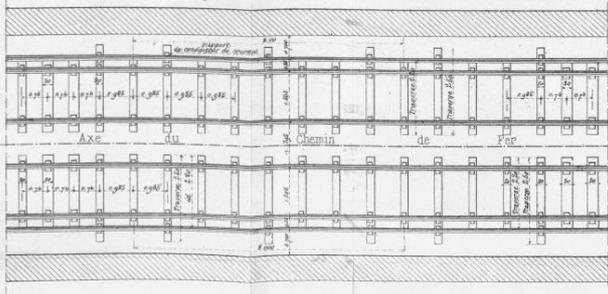
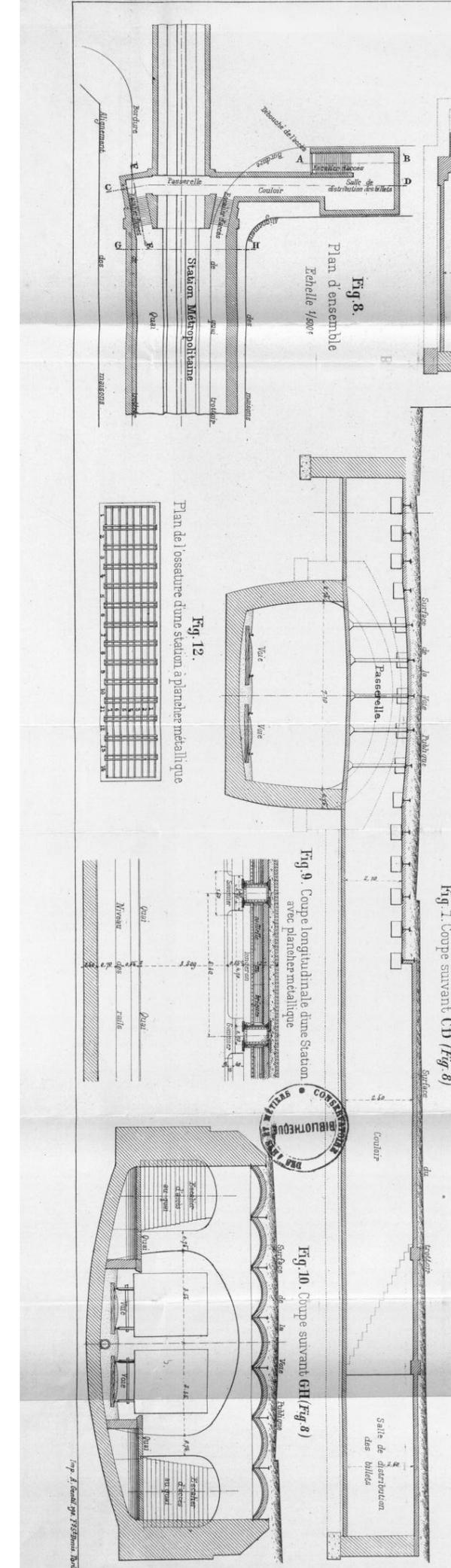
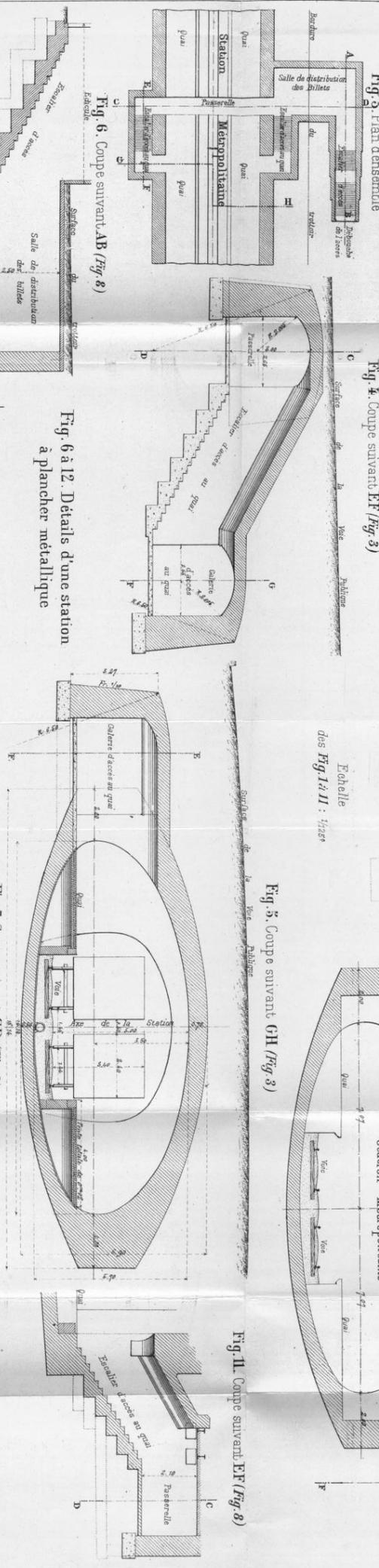
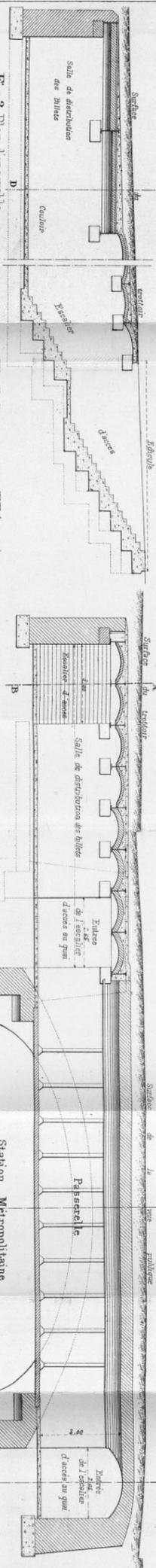


Fig. 9. Plan de pose de la voie courante



LE CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN DE PARIS
 Dispositions générales des Stations.
 Fig. 1 à 5. Détails d'une station voûtée. Fig. 2. Coupe suivant CD (Fig. 3)



LE CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN DE PARIS

Fig. 1. Voiture dattelage de 2^{ème} Classe

Echelle 1/50^e

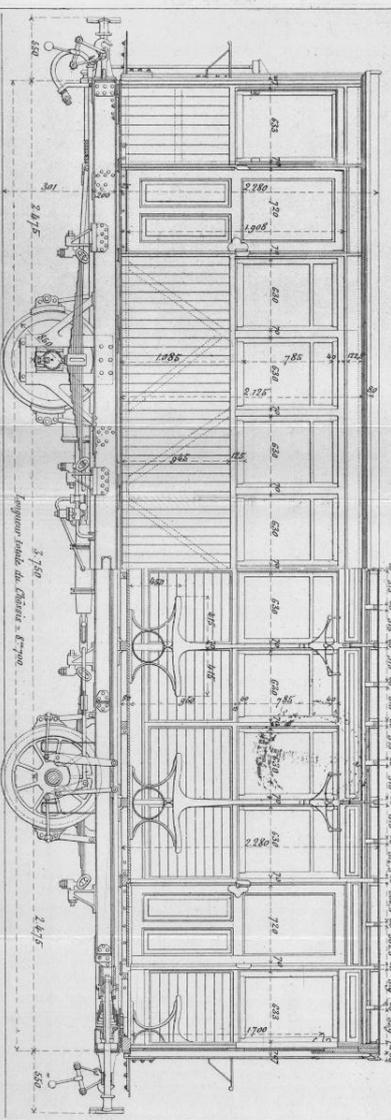


Fig. 5. Voiture automotrice à 2 loges de mécanicien.

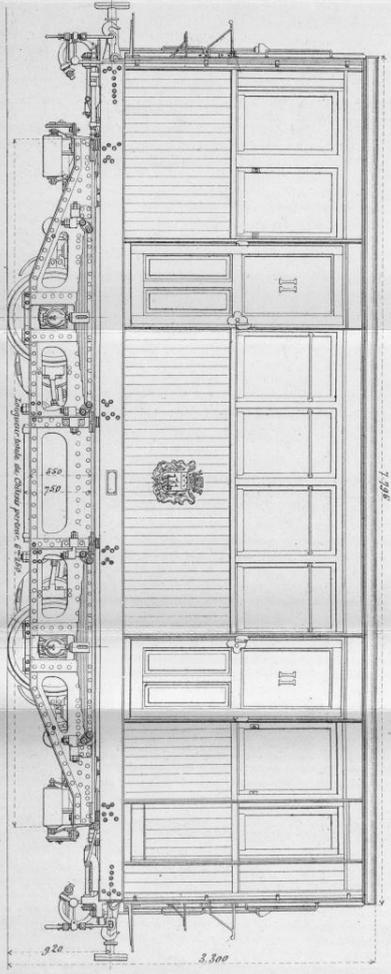


Fig. 2. Vue en plan

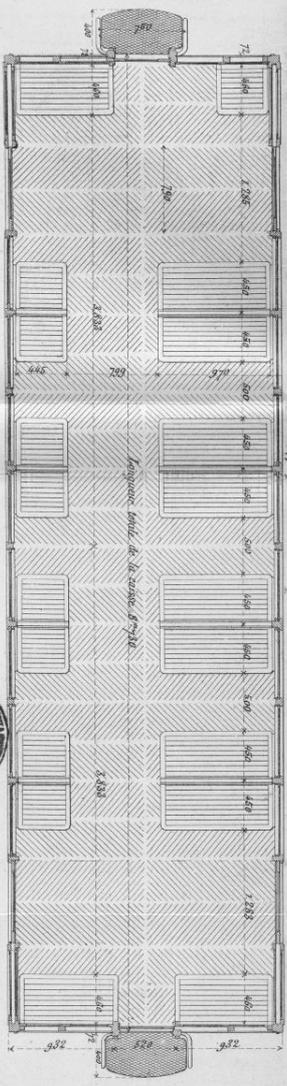


Fig. 6. Vue en plan

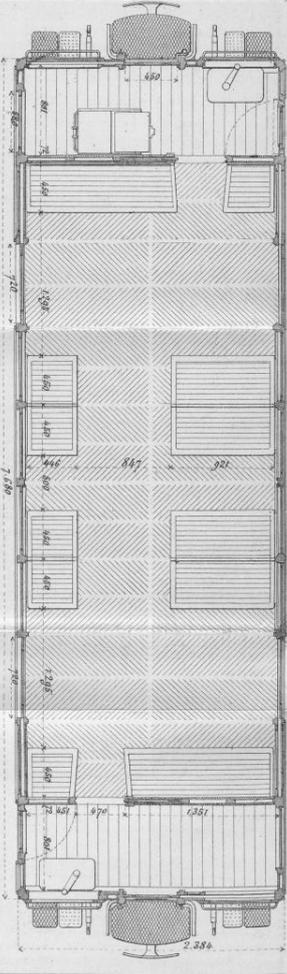
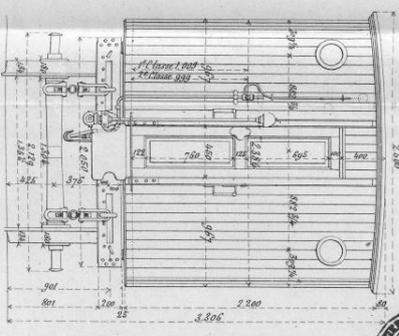
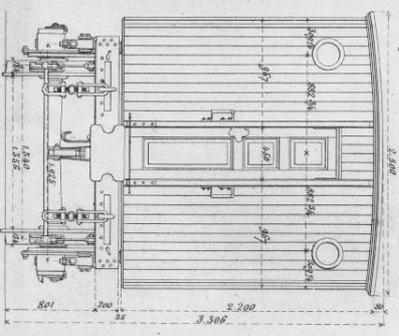


Fig. 3 et 4. Voitures d'attelage. Vues extérieures par bout



Voiture électromotrice

Fig. 7. Vue par bout

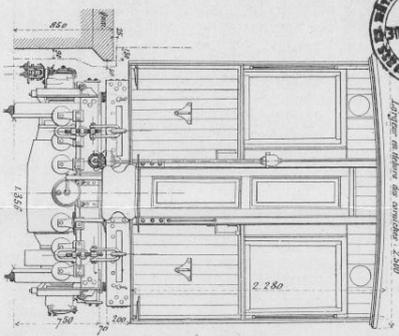


Fig. 8. Vue en avant.

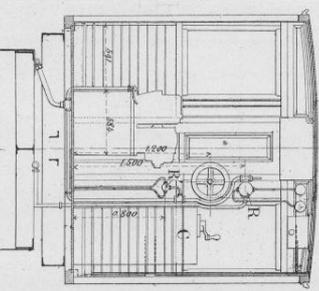


Fig. 10. Coupe trans.

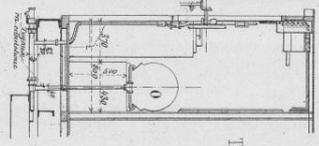


Fig. 11

Tableau de la 2^e loge

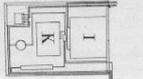


Fig. 12. Vue en arrière.

Tableau de distribution

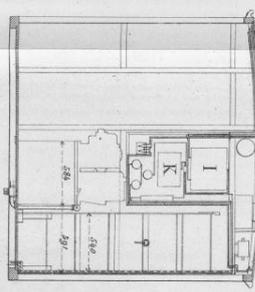


Fig. 8 à 12. Installation des loges de mécanicien.

- C - Contre-aim.
- R - Robinet de station.
- R - Robinet de la sablière.
- O - Compresseur d'air.
- I - Indicateur de station.
- K - Commutateur du compresseur.

Tras. A. Gaultier, 100, Jambes, Paris.

LE CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN DE PARIS

Fig.1 et 3. Usine électrique de Bercy.

Fig.1. Plan d'ensemble du bâtiment des chaudières et des machines. (Echelle de 1/500)

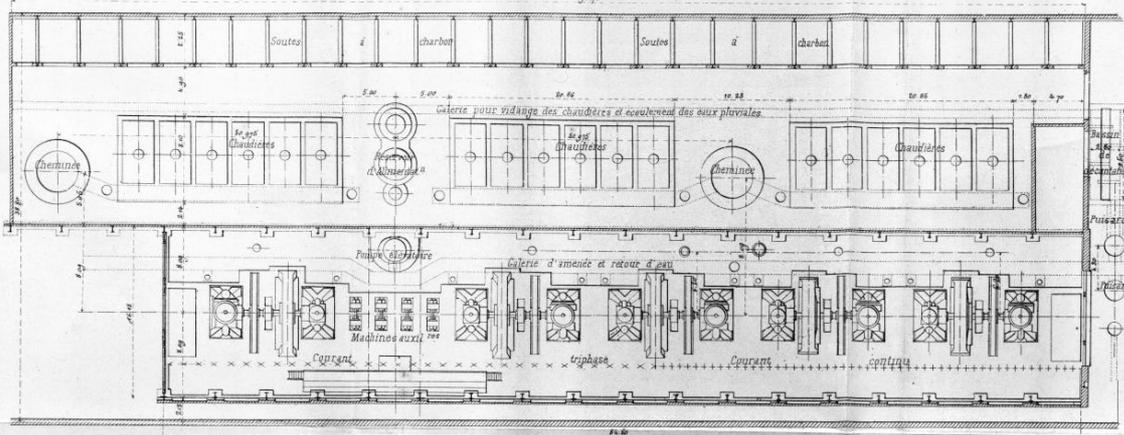


Fig.2 Plan d'ensemble du Métropolitain sous la Place de l'Étoile

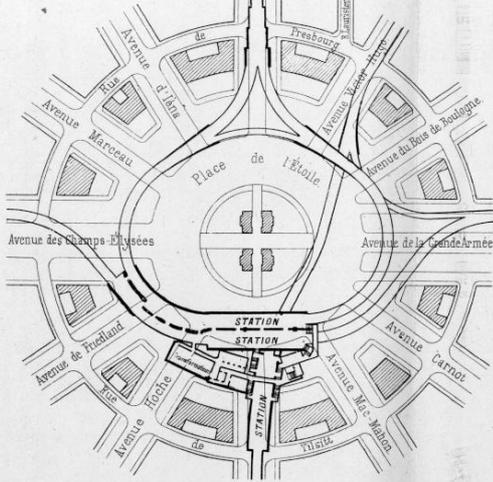


Fig.3.

Coupe transversale de l'usine
Echelle de 1/250

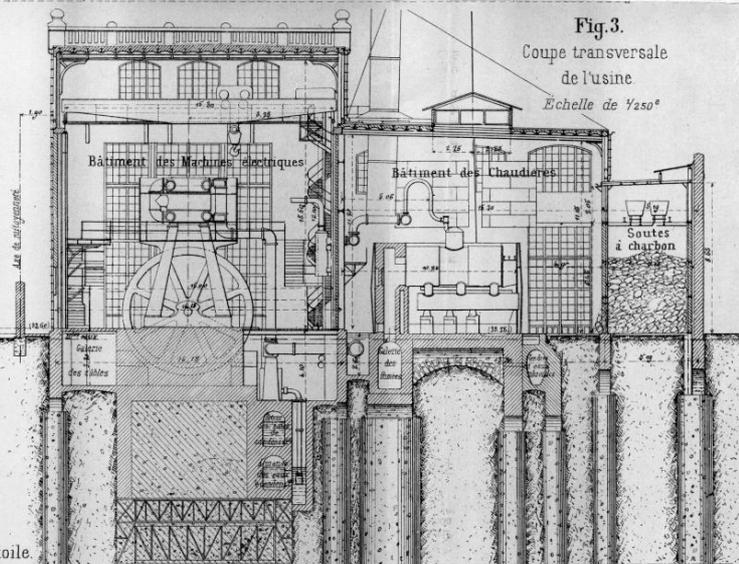


Fig. 4 à 10. Détails de la sous-station électrique de la Place de l'Étoile

Fig. 4. Plan de la sous-station

Echelle de 1/300

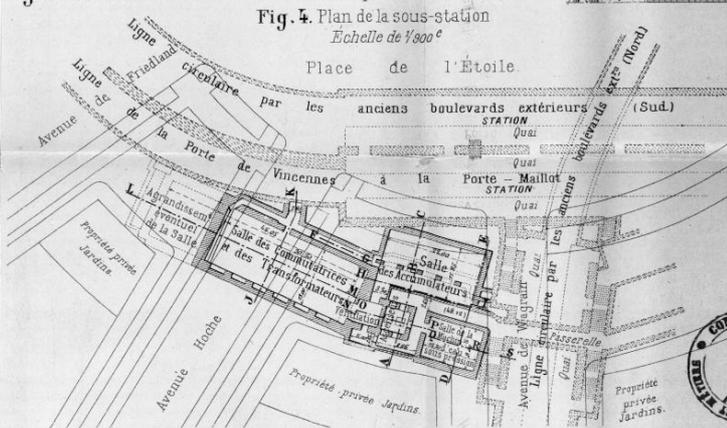


Fig.5. Coupe suivant ABC.

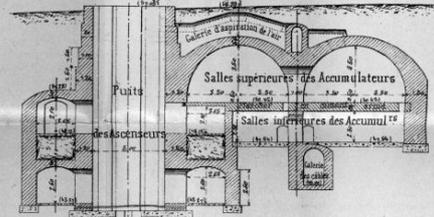


Fig.6. Coupe suivant DE.

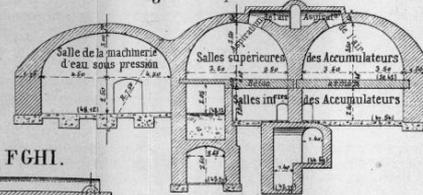


Fig.7. Coupe suivant JK.

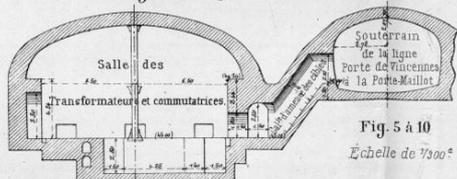


Fig.8. Coupe suivant FGH.

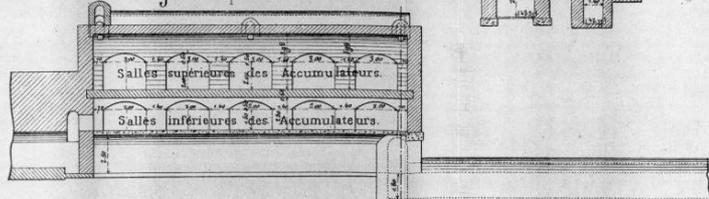


Fig.9. Coupe suivant LMN
Avenue Hoche

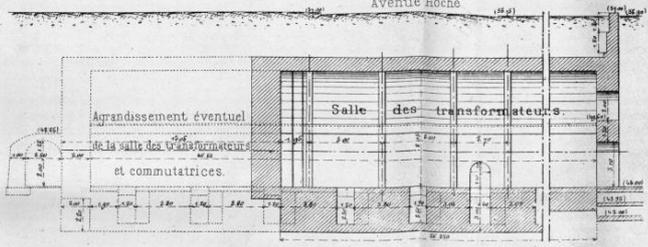
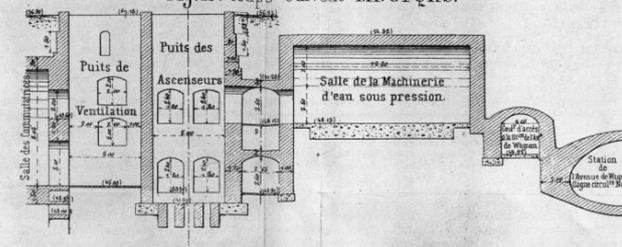


Fig.10. Coupe suivant MNOPQRS.



LE CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN DE PARIS

Fig. 1. Profil en long de la branche Nord de la ligne B Place de l'Étoile-Place de la Nation

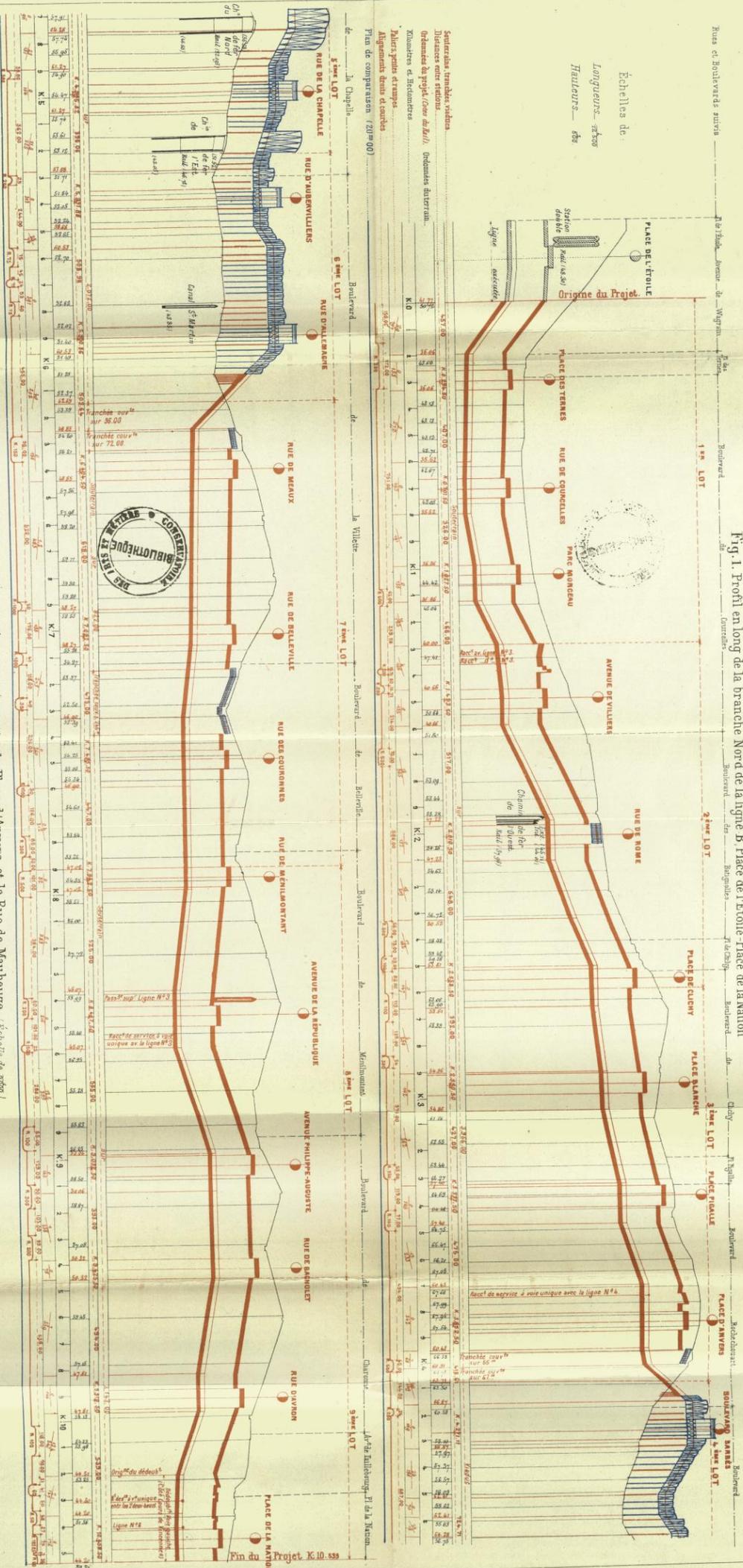
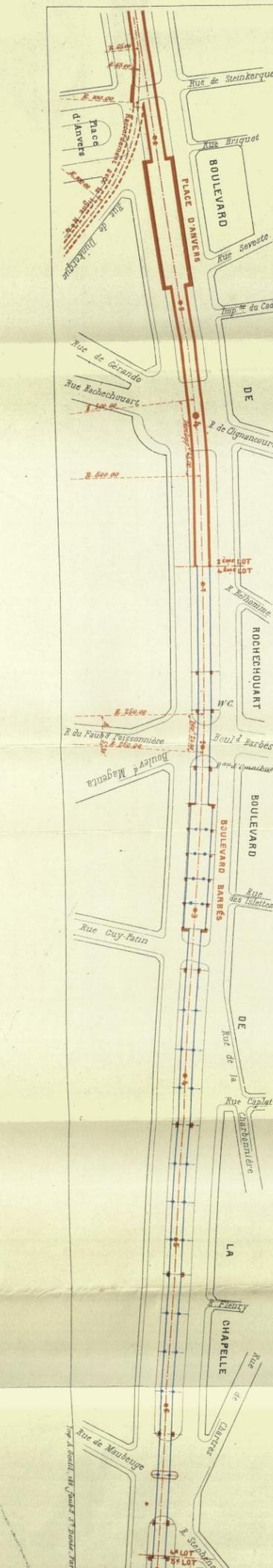


Fig. 2. Plan de la partie comprise entre la Place d'Anvers et la Rue de Maubeuge (échelle de 1:2000)



LE CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN DE PARIS

Détails des ouvrages dans la partie en viaduc.

Fig. 1. Elevation et Coupe longitudinale du viaduc

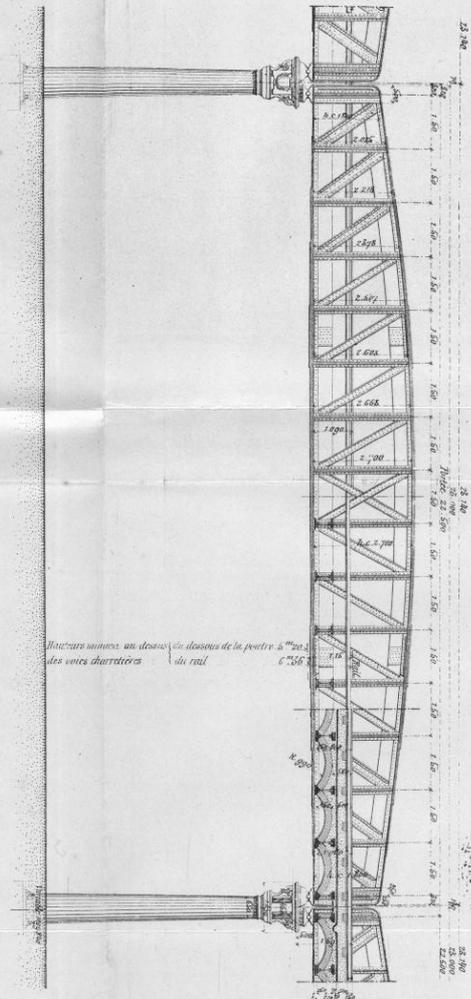


Fig. 2. Coupe transversale.

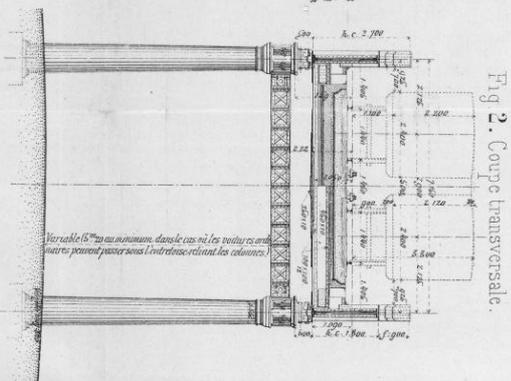
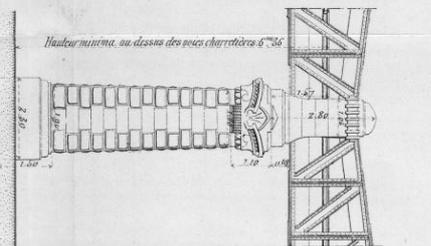


Fig. 3. Vue de face



Piles.

Fig. 4. Vue de côté

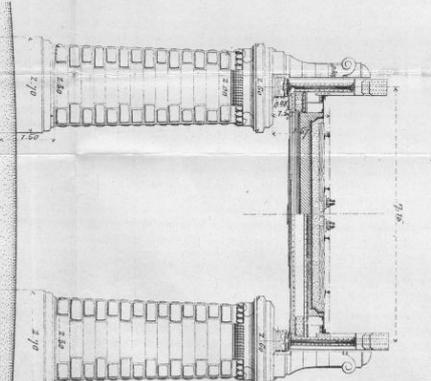


Fig. 5. Elevation et Coupes longitudinales AB et CD.

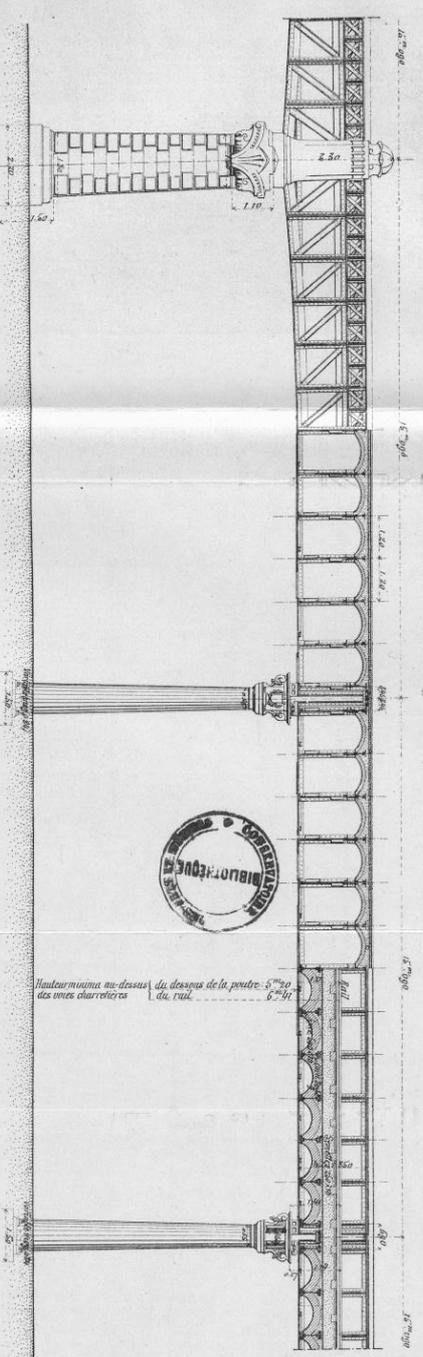


Fig. 6. Coupe transversale

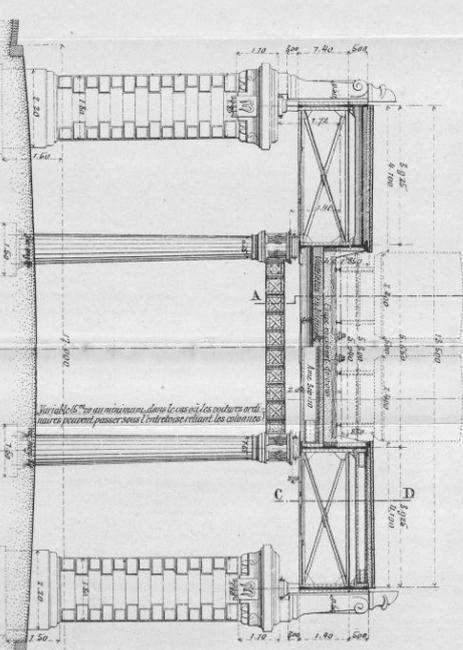
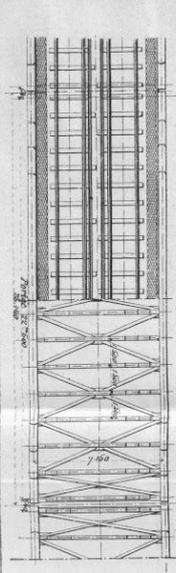
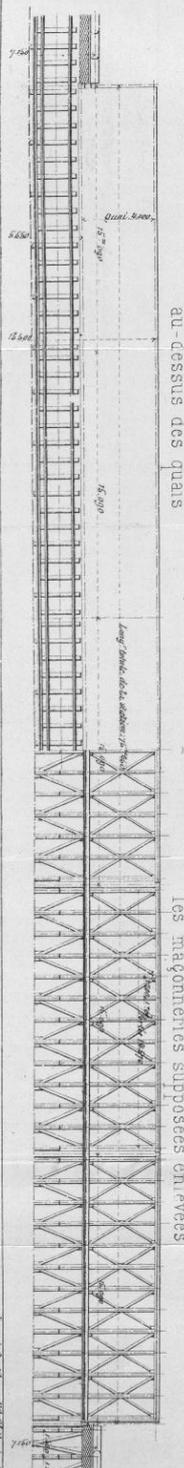


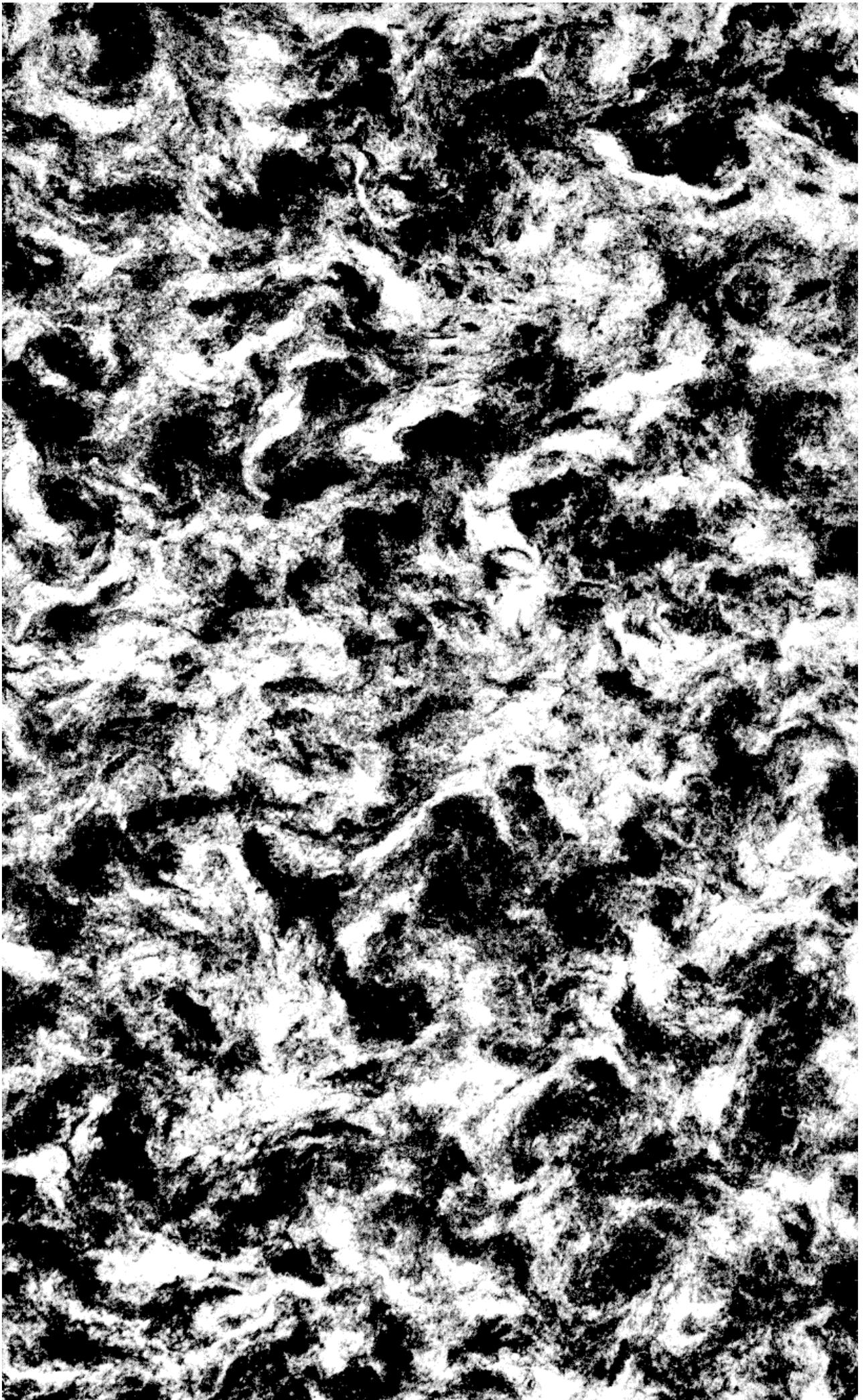
Fig. 7. Vue en plan du viaduc.



au dessus des quais

Fig. 8. 1/2 Vue en plan de la station







Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

