

LES TRAVAUX DU RÉSEAU
EXPRESS RÉGIONAL

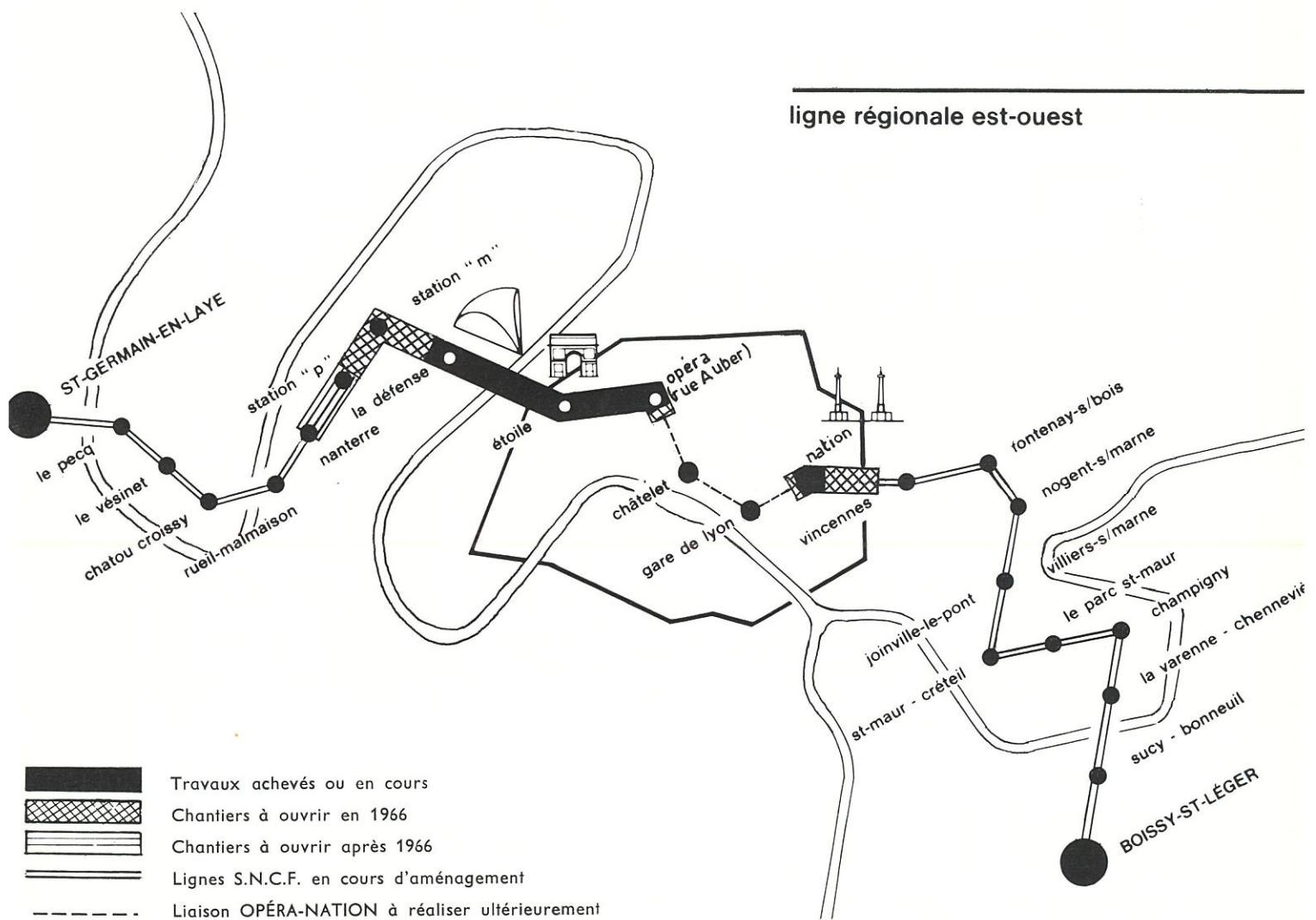


BID 0048

BID Janvier (1967)

LES TRAVAUX DU RÉSEAU
EXPRESS RÉGIONAL

ligne régionale est-ouest



LES TRAVAUX DU RÉSEAU EXPRESS RÉGIONAL

par R. GUITONNEAU

*Directeur des Travaux Neufs
de la Régie Autonome des Transports Parisiens*

La future ligne transversale Est-Ouest du Réseau Express Régional aura une longueur de 46 km. Cette longueur même impose une vitesse commerciale importante (60 km/h). Les trains devront donc pouvoir rouler, en pointe, à 90-100 km/h.

Il en découle pour le tracé des caractéristiques relativement sévères pour un chemin de fer souterrain urbain : pente limitée strictement à 3 %, rayons des courbes en pleine voie supérieurs à 600 m (des rayons de 500 m pourront cependant être admis aux entrées de stations). Aussi, bien qu'on ait systématiquement cherché à implanter le tunnel sous les artères, les exigences du tracé et l'importance des stations conduiront, ici ou là, à construire des ouvrages ou des parties d'ouvrage sous des immeubles. D'autre part, l'encombrement du sous-sol a conduit, au moins au centre de la cité, à prévoir une implantation profonde (20 à 25 m sous la chaussée), donc à travailler le plus souvent dans la nappe phréatique avec des pressions d'eau pouvant dépasser 20 m.

Enfin, il a été décidé, qu'en principe, les deux voies sur lesquelles circuleront des trains à gabarit chemin de fer seront installées dans un tunnel unique. C'est ainsi que, lorsque le tunnel est réalisé sous forme cylindrique, le diamètre intérieur est de 8,70 m.

Ces précisions donnent une idée des difficultés considérables de l'entreprise.

PREMIÈRE PARTIE

BRANCHE OUEST

La branche Ouest de la transversale Est-Ouest « Saint-Germain - Auber » (près de la place de l'Opéra) peut, au point de vue des travaux, être divisée en trois tronçons :

- Saint-Germain - Nanterre;
- Nanterre - La Défense;
- La Défense - Auber (Opéra).

Saint-Germain - Nanterre

Sur le premier tronçon, qui fait actuellement partie d'une ligne à ciel ouvert exploitée par la S.N.C.F., les travaux d'infrastructure seront relativement peu importants; toutefois, le réaménagement de la gare de

Saint-Germain en vue de rétablir le parc du château, tout en assurant la liaison avec une gare routière et des parkings souterrains, conduira à exécuter des travaux assez délicats à grande profondeur (plus de 15 m sous la chaussée) et le pont ferroviaire de Chatou, ouvrage de 150 m de longueur environ, devra être reconstruit.

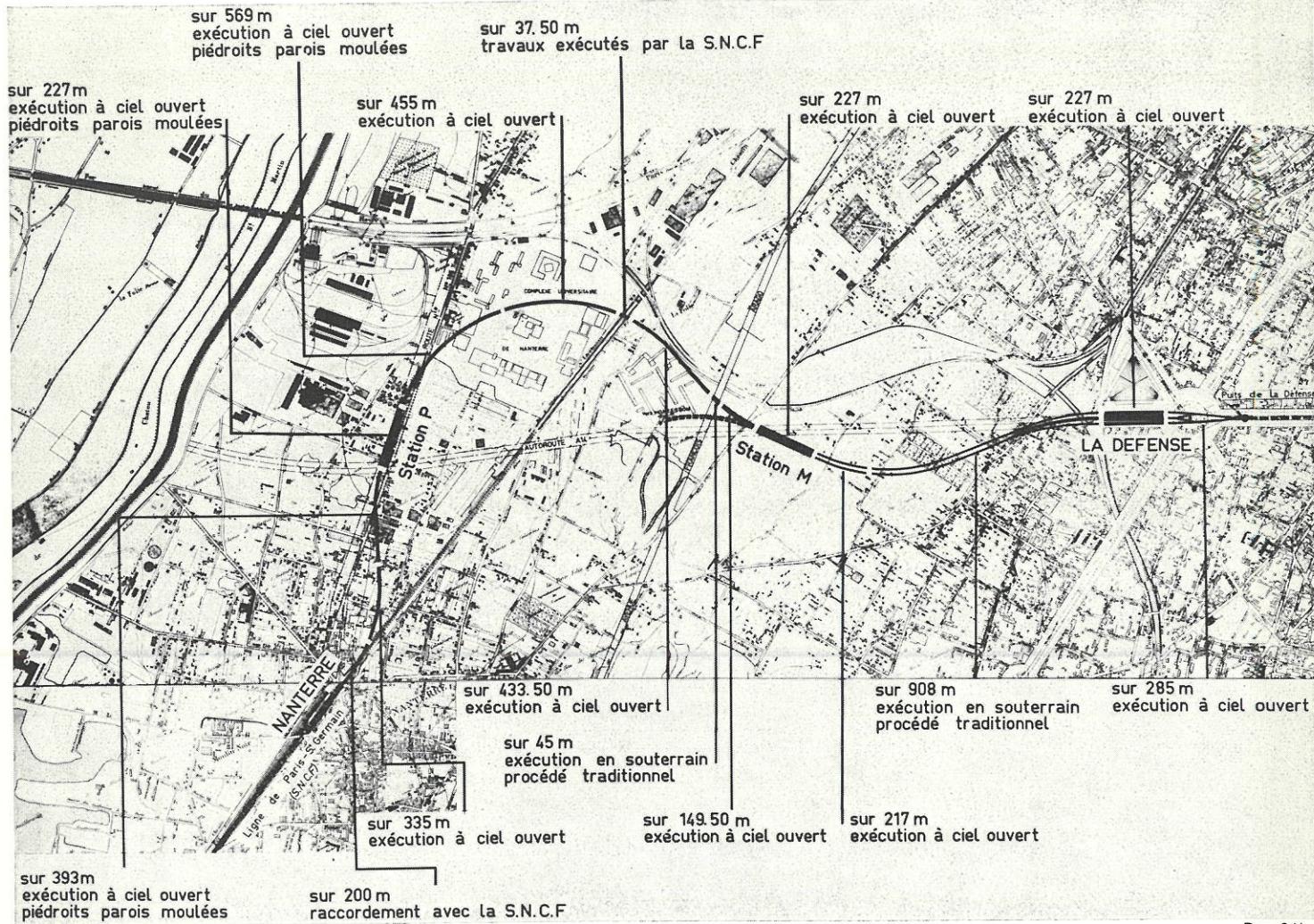
Nanterre - La Défense

Le tronçon Nanterre - La Défense est divisé en deux parties :

- la première est comprise entre la gare de Nanterre et la rue des Trois-Fontanots, à Nanterre; l'infra-

SECTION "NANTERRE-LA DÉFENSE"

MÉTHODES D'EXÉCUTION DES OUVRAGES



Doc 241

structure est à créer dans une zone actuellement en cours de « remodelage » si bien que le tunnel du chemin de fer pourra, dans sa presque totalité, y être construit à ciel ouvert;

— la deuxième se situe entre la rue des Trois-Fontaines et la station « La Défense »; les travaux sont exécutés en souterrain, suivant le procédé traditionnel, pour permettre le passage sous les ouvrages de la S.N.C.F. (ligne de Paris à Versailles, rive gauche et embranchement de La Folie) et sous le cimetière de Puteaux.

En quittant la gare de Nanterre où la voie nouvelle rejoindra l'actuelle ligne « Paris - Saint-Germain », le souterrain s'enfoncera d'abord dans des alluvions gorgées d'eau. Les travaux seront entrepris à l'abri

d'une enceinte étanche lorsque les industriels et habitants actuellement installés dans cette zone auront pu être relogés.

Un essai d'enceinte étanche en parois moulées a été réalisé dans le complexe universitaire de Nanterre.

Le souterrain sortira ensuite de la nappe et pénétrera dans les alluvions et calcaires de bonne tenue qui se rencontreront dans la partie sud de la Faculté, actuellement en cours de construction. Dans cette zone, les travaux ont été entrepris dans le courant de l'été. Le souterrain cheminera ensuite dans des marnes et caillasses et calcaires jusqu'à la station « La Défense ».

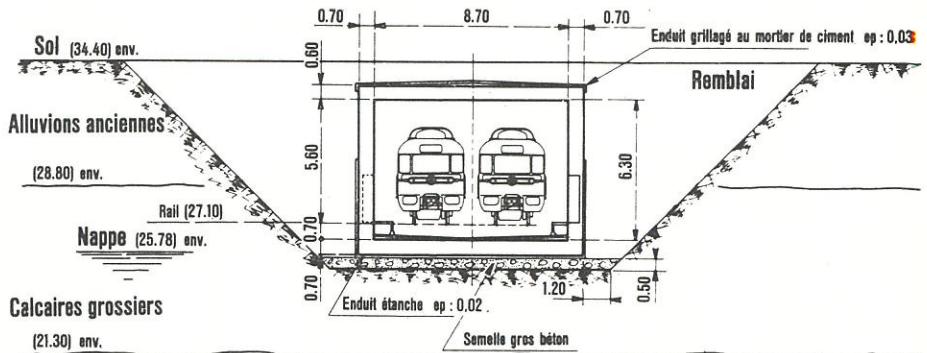
Dans la partie exécutée à ciel ouvert et qui comprend notamment les stations « P » et « M », le souterrain

SECTION

« NANTERRE - LA DÉFENSE »

EXÉCUTION DU SOUTERRAIN

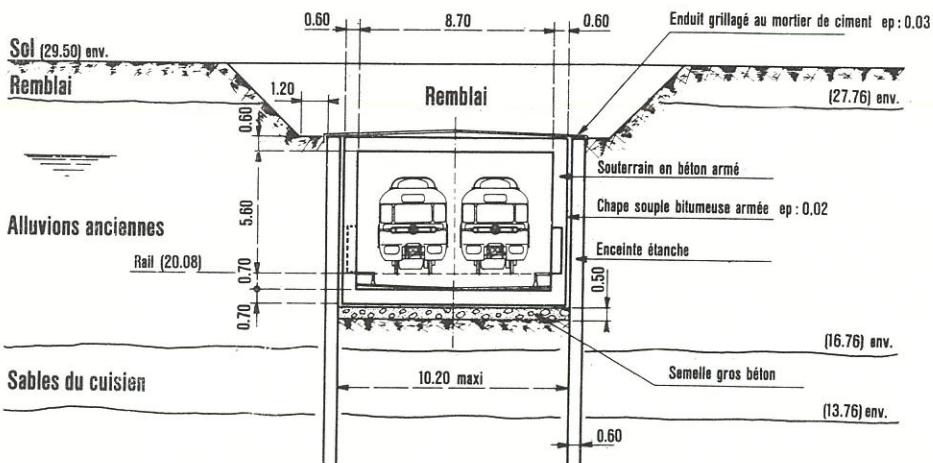
A CIEL OUVERT



Sablés du cuisien

Page 242

COUPE TRANSVERSALE HORS NAPPE



Doc 243

COUPE TRANSVERSALE DANS LA NAPPE

rain sera réalisé sous forme d'une boîte en béton armé. On peut, a priori, penser que les travaux ne présenteront pas de difficultés particulières. Les travaux d'exécution de la station « M » ont commencé au cours du 3^e trimestre 1966.

Entre le cimetière de Puteaux et la station « La Défense », les travaux ont été entrepris au mois d'octobre 1965. Les souterrains sont établis de façon à réservier ultérieurement l'établissement de l'auto-

béton armé
bitumeuse armée ep : 0,02
he
route A 14 et de la voie périphérique. Ils sont en voie d'achèvement et le prolongement jusqu'à la rue des Trois-Fontanots vient de commencer.
La Défense - Auber (Opéra)

emelle gros béton (1b./b) env.
(13.76) env.

Doc 243

DANS LA NAPPE

En revanche, la réalisation du troisième tronçon « La Défense - Auber » pose de difficiles problèmes, les difficultés croissant du reste, au fur et à mesure que le tracé s'approche du centre de la ville où les

artères sont plus étroites, les immeubles plus anciens, le sous-sol plus encombré.

Ce sont ces difficultés particulières qui justifient le fait que les travaux aient été entrepris d'abord sur ce tronçon.

Une dizaine de chantiers sont actuellement ouverts. Les méthodes utilisées varient d'un chantier à l'autre suivant les caractéristiques des terrains rencontrés (nature géologique, charge hydraulique).

Sol futur (65,20)

Autoroute A.14

◀ STATION "M" ▶ EXÉCUTION À CIEL OUVERT

Remblais futurs

vers BANLIEUE

vers St Germain

Sol actuel (51,50) env.

REMBLAIS EXISTANTS

Marnes et

caillasses

vers Montesson

COUPE TRANSVERSALE SOUS LA LIGNE

vers Paris

vers Montesson

vers Paris

vers St Germain

vers Paris

PARIS-VERSAILLES (R.D.) S.N.C.F.

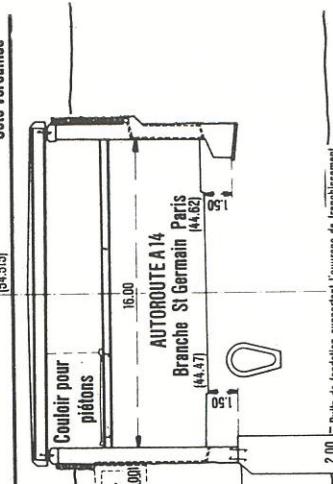
PROCÉDÉ TRADITIONNEL

Doc 244

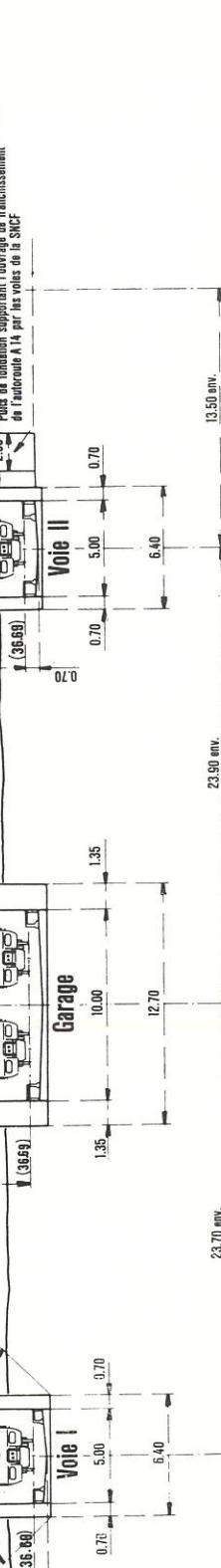
Côte Versailles

S.N.C.F. PARIS VERSAILLES R.D.

(54,515)

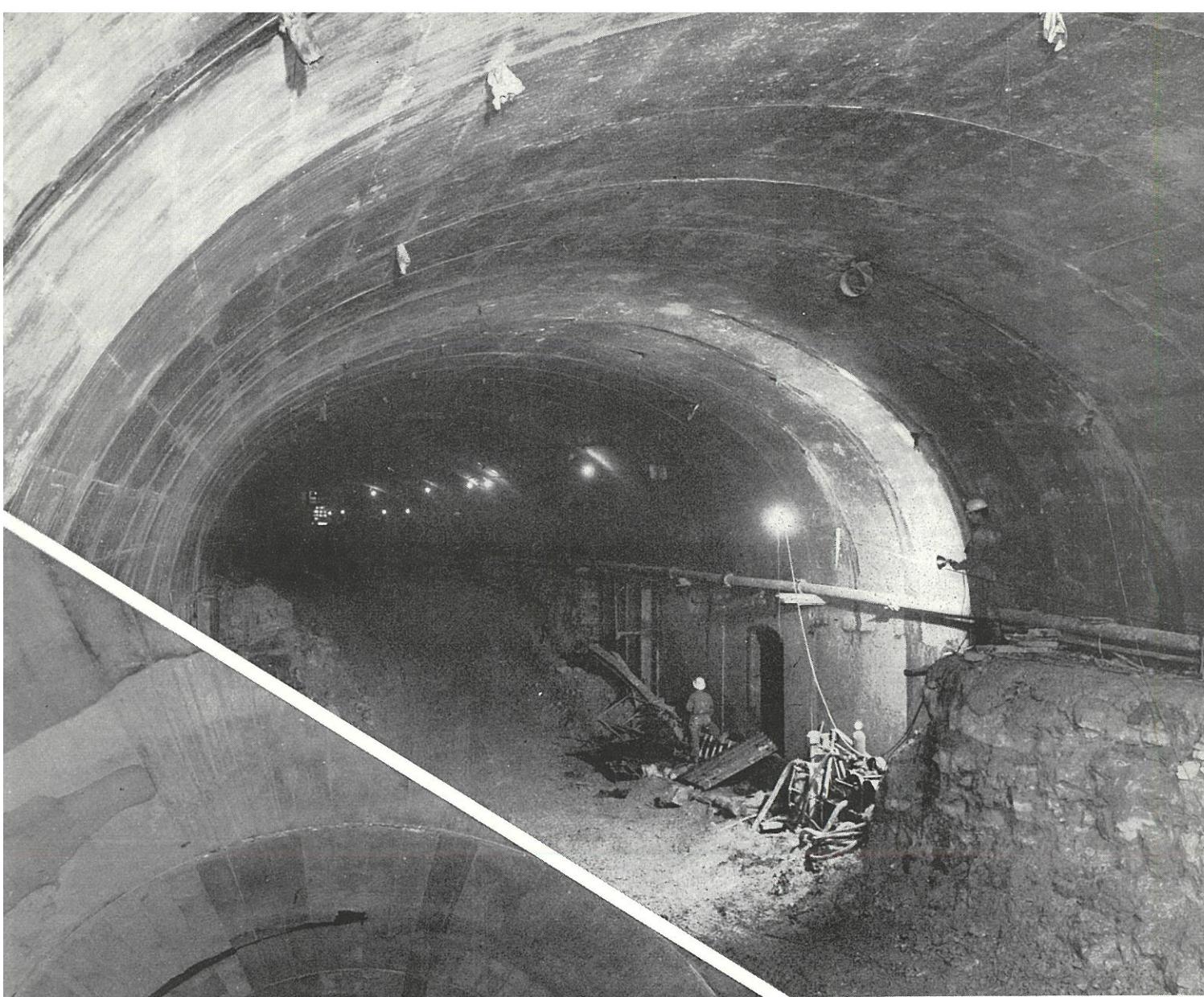


Calcaires grossiers du Jolithien
Nota : Nappe à (26,10) env.



Nota : Nappe à (26,10) env.

Doc 245



Doc 246



**SECTION
« NANTERRE - LA DÉFENSE »**

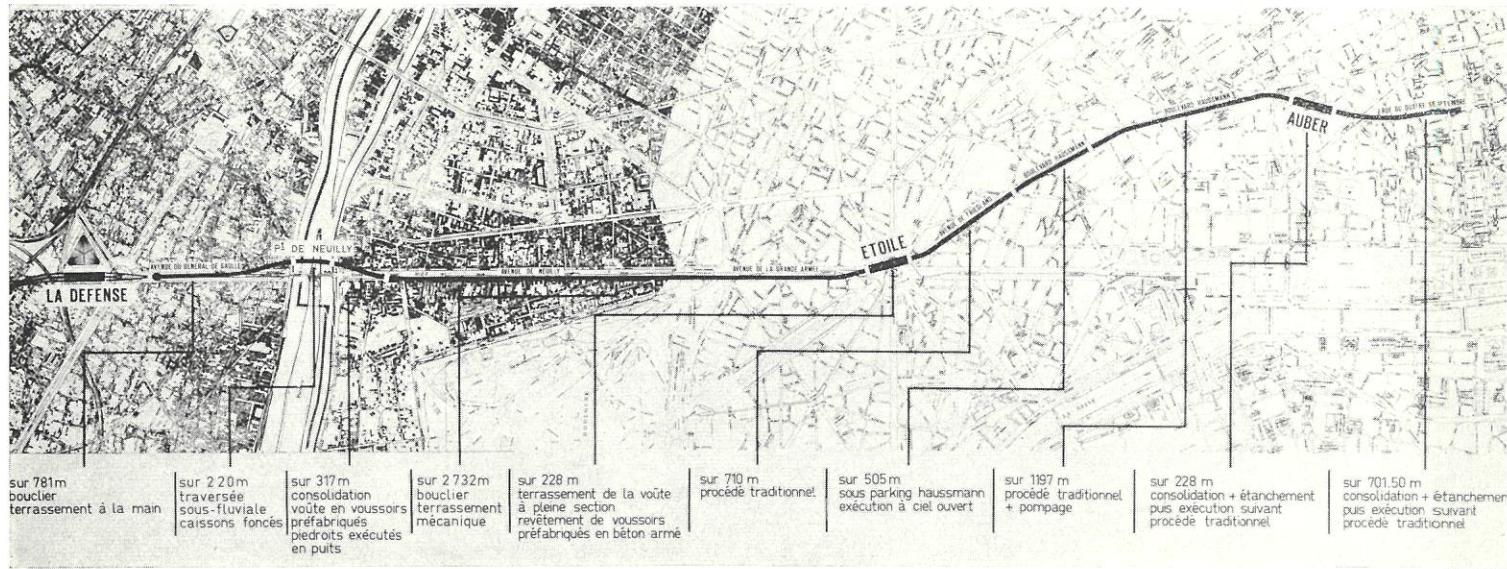
En haut : souterrain de 10 m, reprise en sousœuvre des piédroits et terrassement du stross.

En bas : voie 1, direction « Nanterre », souterrain à une voie de 5 m d'ouverture.

Doc 247

SECTION " LA DÉFENSE-AUBER "

MÉTHODES D'EXÉCUTION DES OUVRAGES



Doc 248

La station « La Défense »

Le premier chantier à l'Ouest est constitué par la station de « La Défense » implantée devant le Palais des Expositions (C.N.I.T.). Cette station à quatre voies constituera un ouvrage ferroviaire important qui permettra le retournement des trains (terminus partiel) et assurera les correspondances avec la ligne S.N.C.F. Paris - Versailles (R.D.), ainsi qu'avec un terminus d'autobus. Elle sera insérée dans diverses branches d'un nœud routier souterrain de très grande importance qui sera l'un des échangeurs de l'autoroute A 14 Paris - Normandie.

Avec les raccordements d'avant et d'arrière-station, l'ouvrage ferroviaire aura au total près de 1 100 m de longueur.

La gare proprement dite, de 225 m de longueur, sera constituée par un ouvrage de 65 m de largeur et de 27 m de hauteur avec 5 niveaux de circulation.

L'implantation choisie pour la station permet de la construire à sec et à ciel ouvert, en même temps qu'une partie des ouvrages routiers voisins, dans une immense fouille (cube excavé de 380 000 m³). Pour la structure de l'ouvrage, actuellement en cours de finition, on a fait largement appel à la préfabrication et aux techniques les plus modernes de béton armé et de béton précontraint.

De La Défense à la Seine

A l'Est de La Défense, le souterrain s'enfonce et pénètre bientôt dans la nappe pour passer sous la Seine. Il est implanté sous l'avenue du Général-de-

Gaulle, à Courbevoie, et s'infléchit légèrement vers le Nord en arrivant près de la Seine pour éviter les culées du pont de Neuilly. Sur le tronçon de 780 m qui s'étend de l'extrémité Est des ouvrages ferroviaires de la station « La Défense » à la Seine, les travaux sont maintenant terminés. Il ne reste plus qu'à parfaire les travaux d'étanchement du tunnel.

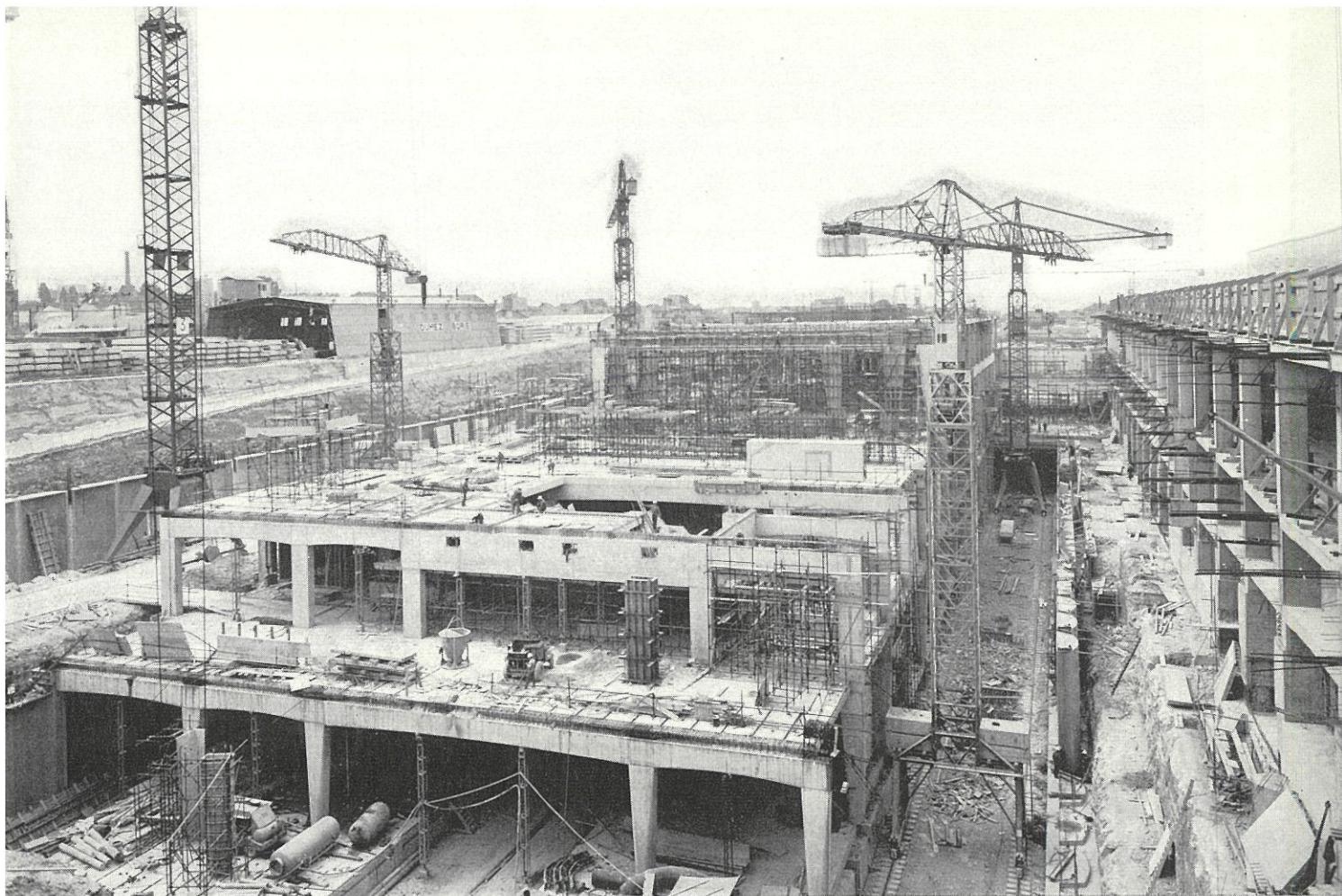
Ces travaux ont démarré les premiers en 1961 et se sont heurtés à de très sérieuses difficultés (calcaire très dur « banc royal », sables boulants) qui ont conduit à une modification profonde du mode d'exécution initialement envisagé.

Le tunnel achevé est de forme circulaire (diamètre intérieur de revêtement 8,70 m, diamètre théorique du terrassement 10 m). Le revêtement est formé d'une succession d'anneaux de 1 m de largeur; chaque anneau comporte 12 voussoirs préfabriqués en béton armé assemblés par boulons.

Le bouclier, à l'abri duquel ont été effectués les travaux de terrassement et de pose du revêtement, était constitué par un cylindre métallique de 10,15 m de diamètre extérieur et de 6,80 m de longueur.

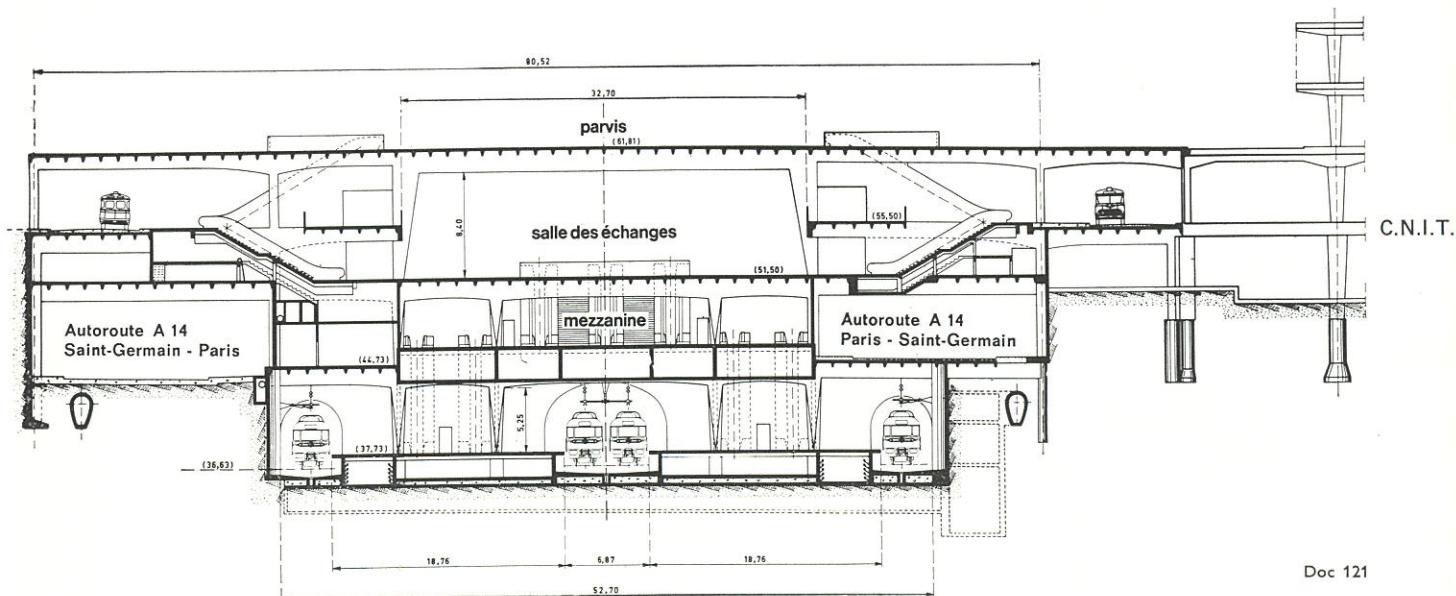
Il comportait à l'avant une chambre équipée de trois plates-formes télescopiques munies de panneaux mobiles de blindage à partir desquelles les ouvriers effectuaient, dans l'air comprimé, l'abattage du terrain à l'aide de pistolets pneumatiques.

A la partie arrière de l'appareil, un bras « érecteur » mobile autour d'un axe horizontal coïncidant avec l'axe du tunnel permettait le montage des voussoirs formant le revêtement.



Doc 249

tation « La Défense » : vue générale vers l'Ouest.

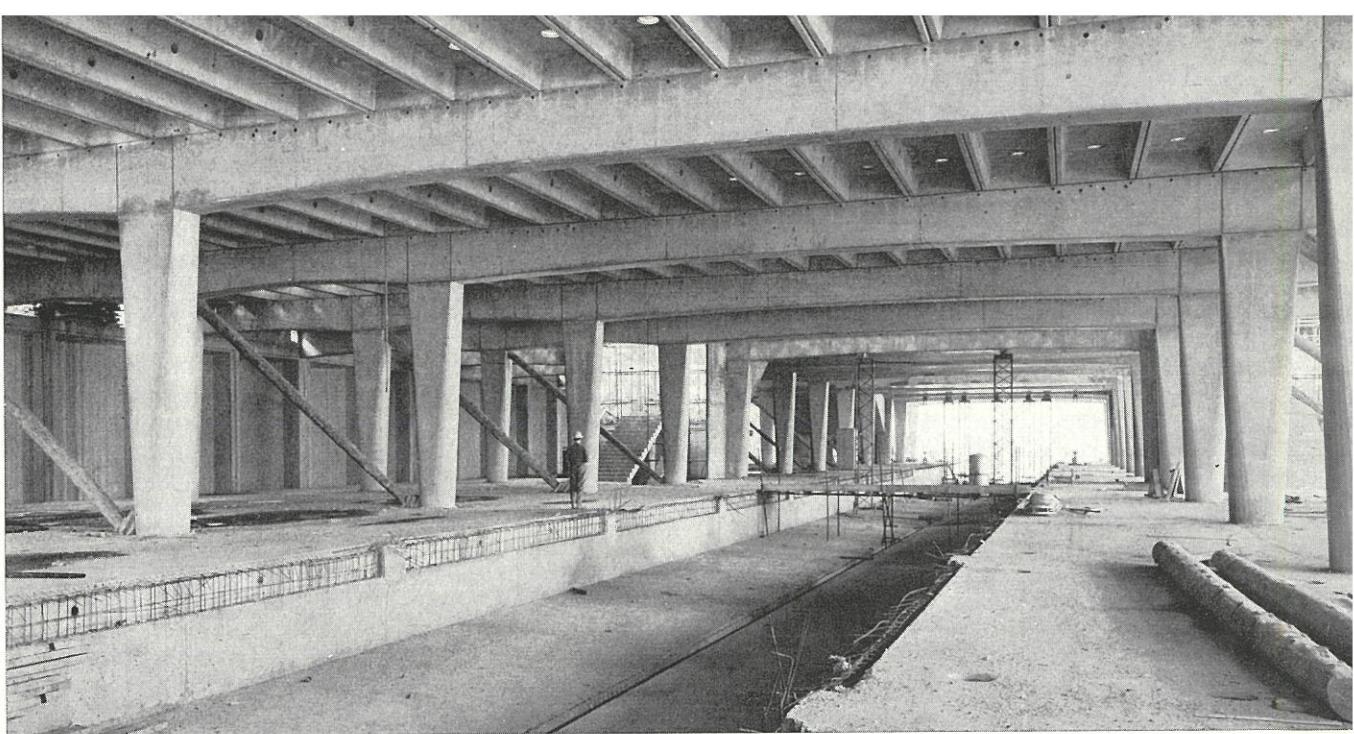


Doc 121

SECTION « NANTERRE-LA DÉFENSE »

STATION « LA DÉFENSE »

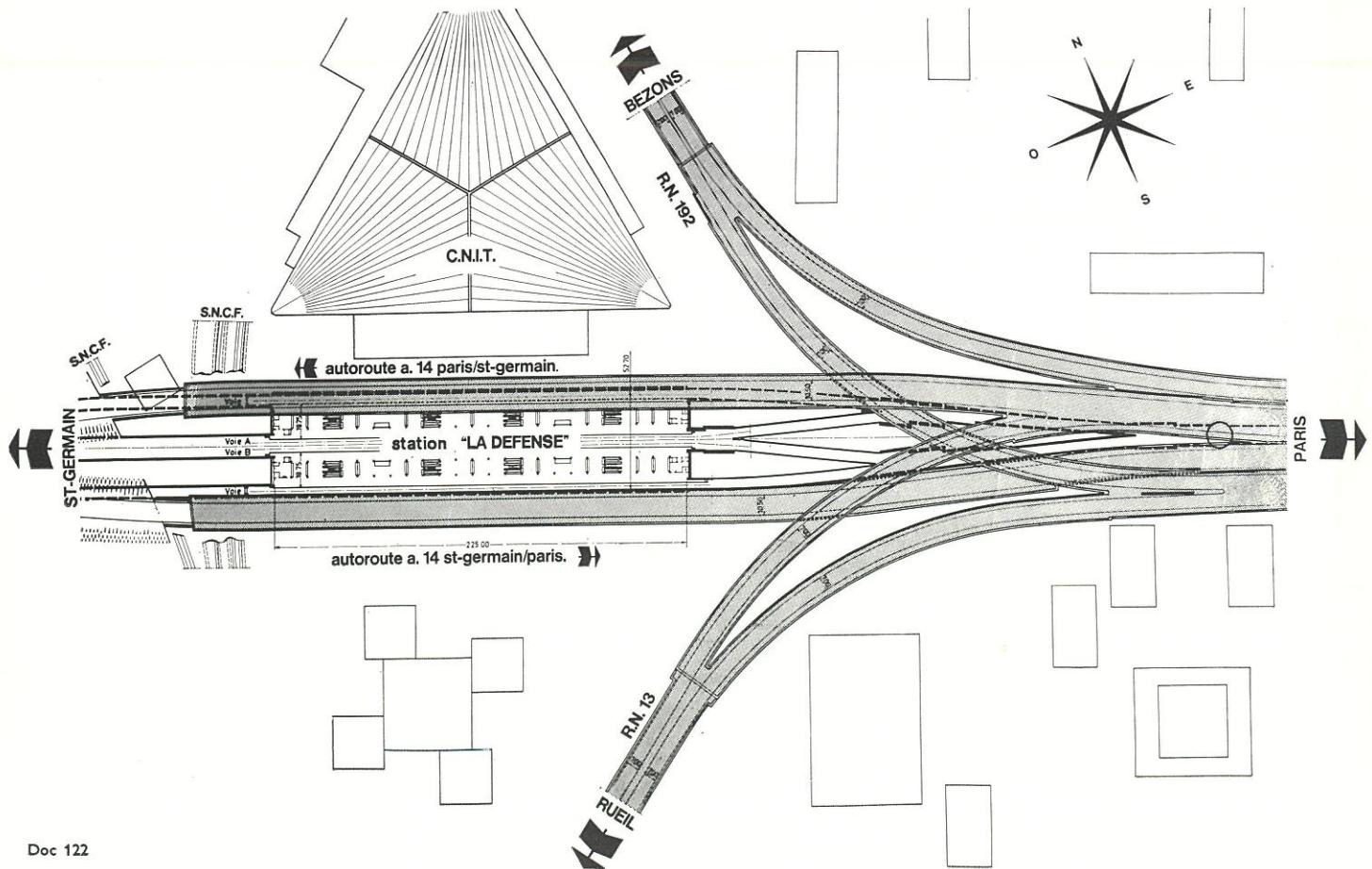
COUPE TRANSVERSALE
EXÉCUTION A CIEL OUVERT



Doc 25

Station « La Défense » : niveau I, quais sur les voies centrales.

COMPLEXE ROUTIER FERROVIAIRE SOUS LA PLACE DE LA DÉFENSE



Doc 122

Un dispositif de cloisonnement séparait les deux parties du bouclier et permettait la mise en pression (air comprimé) de la chambre avant, de façon à équilibrer la pression hydrostatique de la nappe. Le terrassement pouvait ainsi être exécuté à sec. Au voisinage de la Seine, la surpression dans la chambre de travail atteignit 2 bars, équilibrant une hauteur d'eau de 20 m environ.

Les déblais étaient repris en partie basse de la chambre de travail par un scraper et acheminés successivement par une chaîne à godets et deux transporteurs à courroie vers les trémies d'évacuation.

Le bouclier progressait d'une manière discontinue : le bouclier ayant été avancé, on procédait simultanément au terrassement sur 1 m de longueur et au montage d'un anneau. Ces deux opérations terminées, on réalisait un nouvel avancement au moyen de 36 vérins qui étaient solidaires du bouclier et prenaient appui sur le dernier anneau posé.

Le vide annulaire créé par l'avancement du bouclier (dont le diamètre était supérieur à celui du revêtement) devait être immédiatement comblé, d'une part, pour rétablir la butée du terrain et éviter la déformation des anneaux, d'autre part, pour s'opposer à des cheminements importants d'air comprimé à l'arrière du bouclier.

Ces injections étaient de quatre types :

- 1° Injection d'une pâte argile-sable entre la jupe du bouclier et le revêtement pour parfaire l'étanchéité du joint métallique garnissant le vide annulaire.
- 2° Injection d'un mortier sable-ciment remplissant grossièrement le vide annulaire immédiatement à l'arrière du bouclier.
- 3° Injection d'un coulis ciment-alginate réalisé environ à 20 m à l'arrière du bouclier pour parfaire le blocage du revêtement et assurer une étanchéité grossière.
- 4° Injection d'un coulis de ciment-intraplast dans les joints des voussoirs pour parfaire l'étanchéité du revêtement.

Le terrain dans lequel avait eu à progresser le bouclier était constitué en grande partie par des sables du cuisen.

Ces sables, dont les grains ont une dimension comprise entre 0,05 et 5 mm (moyenne comprise entre 0,2 et 2 mm), ont une perméabilité moyenne de l'ordre de 4.10^{-4} m/s. Le pourcentage des vides est estimé à 40 %. Ils sont essentiellement boulants et il s'est avéré indispensable de les traiter pour leur donner une certaine cohésion.

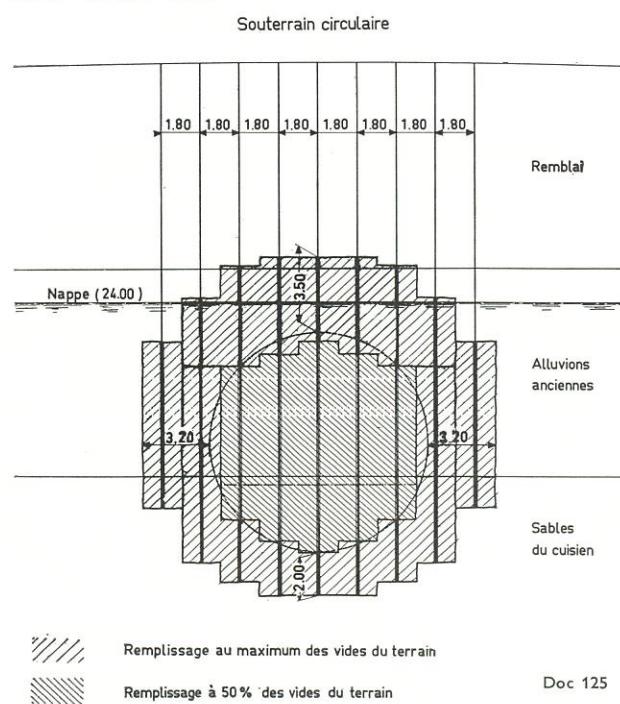
Des forages d'injection exécutés à partir du sol ont été implantés sur des auréoles normales à l'axe



Doc 251

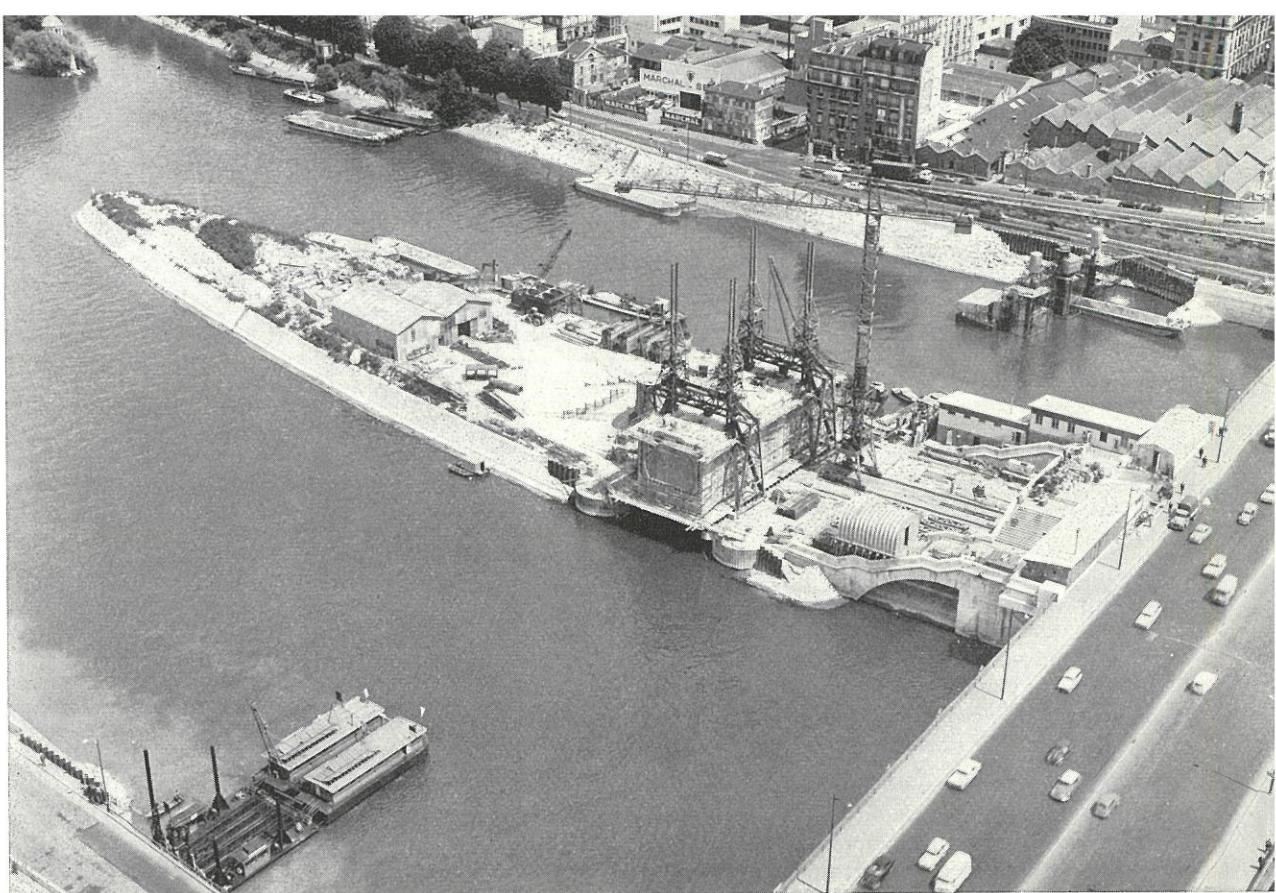
Vue générale du tunnel après achèvement de la plate-forme sous voie entre « La Défense » et le « Pont de Neuilly ».

SECTION « LA DÉFENSE - ÉTOILE » TRONÇON « LA DÉFENSE - PONT DE NEUILLY » TRAITEMENT DE CONSOLIDATION DES TERRAINS



Doc 125

Traversée
sous-fluviale :
vue
panoramique.

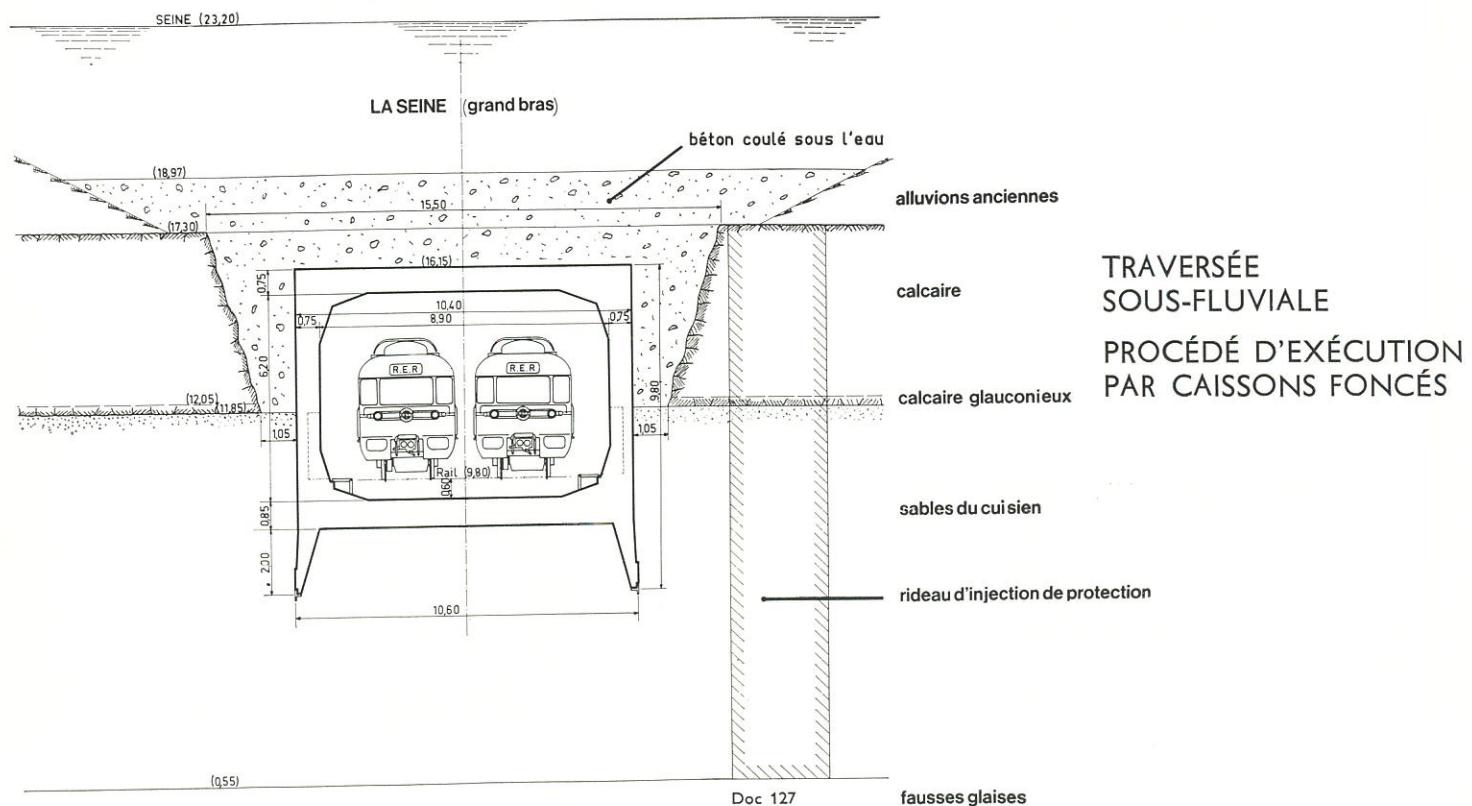


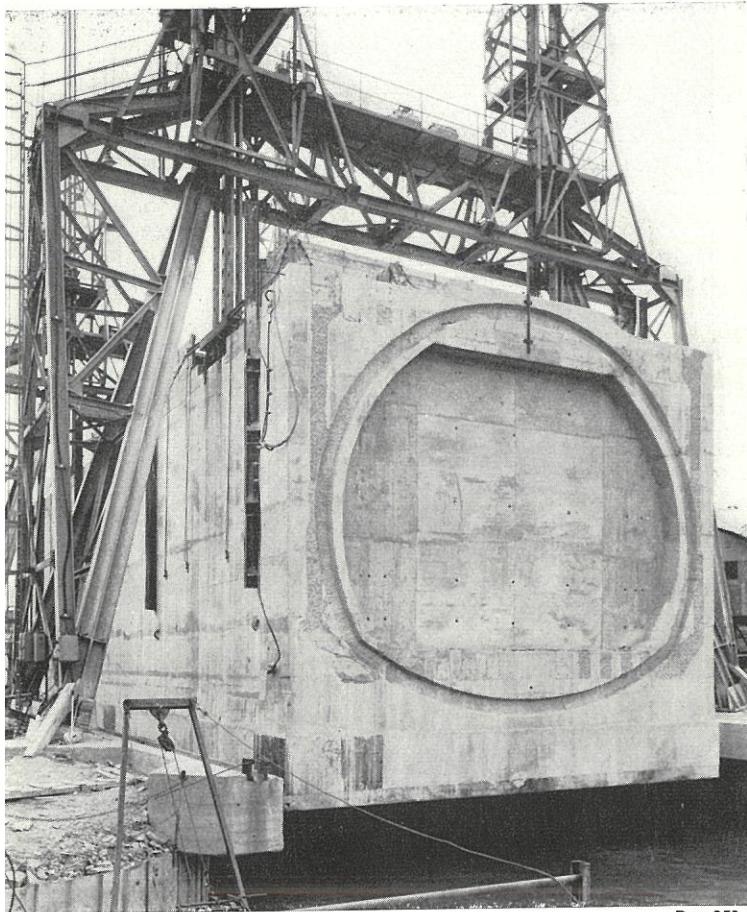
Doc 25

De droite à gauche :

- le caisson de rive (côté « Neuilly »), en cours de fonçage;
- le caisson de rive (côté « Courbevoie »), en cours d'exécution dans l'île;
- le dérocteur dans le grand bras pour le minage du banc calcaire.

SECTION « LA DÉFENSE - ÉTOILE » TRONÇON « LA DÉFENSE - PONT DE NEUILLY »





Doc 253

Début de la descente d'un caisson.

du souterrain et distantes de 1,80 m. Chaque auréole comportait neuf forages dont l'écartement était également de 1,80 m.

La section normale de terrain traité était de l'ordre de 200 m² alors que la surface à excaver était de 80 m² environ.

Le coulis d'injection était constitué par un gel mi-dur (brevet Solétanche), mélange d'eau, de silicate de soude et d'acétate d'éthyl.

En gros, on a cherché à remplir presque tous les vides de la zone annulaire extérieure à la partie à excaver alors qu'on s'est borné à ne remplir que la moitié des vides dans le cœur.

Après d'inévitables tâtonnements, la technique fut bien mise au point. Les 450 derniers mètres furent construits à la cadence initialement prévue de 2 m par jour et grâce à un traitement du sol renforcé, le bouclier a pu être conduit à 5 m seulement de la Seine.

La traversée de la Seine

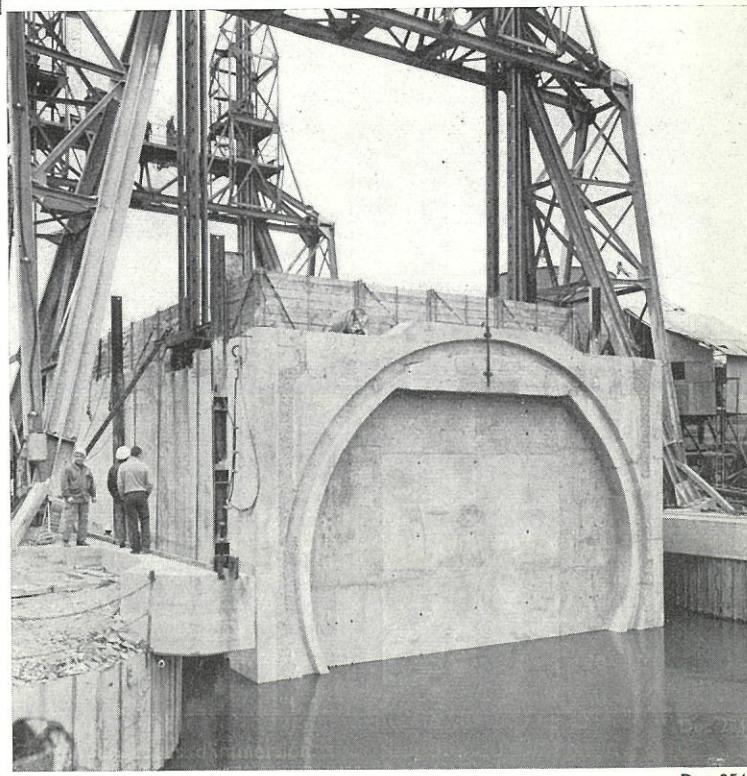
Devant les difficultés rencontrées sous l'avenue du Général-de-Gaulle, on a finalement renoncé à faire progresser le bouclier sous la Seine et décidé de réaliser la traversée sous-fluviale au moyen de sept « caissons immersés » suivant une technique éprouvée.

Les caissons, boîtes parallélépipédiques de 8,90 × 6,20 m de section intérieure et de longueur comprise entre 21 et 35 m, seront en béton précontraint dans les trois directions. Préfabriqués dans l'île de Neuilly, ils seront amenés par flottaison à leur emplacement définitif, immersés dans une souille préalablement draguée jusqu'au niveau supérieur des sables du cuisen, puis enfoncés à leur cote définitive par havage à l'air comprimé à travers ceux-ci.

Si le procédé n'est pas nouveau, sa mise en œuvre pose cependant quelques problèmes délicats : raccordement aux souterrains courants sous les voies de berge, dérochage à l'explosif de la couche calcaire sur laquelle est fondé le pont de Neuilly, nécessité d'éviter toute décompression des sables situés sous le calcaire, etc.

Le fonçage du premier caisson situé sur la rive droite de la Seine a été terminé en juin 1966 et celui du deuxième, situé sur la rive gauche, à la mi-septembre.

La construction du troisième caisson est achevée et sa mise en place a eu lieu le 2 octobre. Le quatrième caisson est en cours de construction.



Doc 254

Caisson en cours d'immersion.

De la Seine à l'Étoile

De l'extrémité du caisson, côté Neuilly, le profil du souterrain sera établi de façon que l'extrados de la voûte vienne tangenter le radier de la ligne n° 1 et que le souterrain se dégage des sables boulants du cuisen pour être construit ensuite dans les calcaires grossiers à l'aide de la machine à forer « Robbins ».

Pour ce faire, sur 300 m environ, un tronçon sera exécuté après traitement généralisé du sol par injections, suivant des procédés qui doivent permettre de s'adapter à la géologie du site considéré (exécution d'une voûte de protection établie dans les calcaires et fonçage de la partie basse à l'abri d'enceintes étanches). Le tronçon exécuté par la machine à forer, d'une longueur de 2 700 m environ, a été attaqué à partir de l'Étoile et la machine est arrivée sous la place de Verdun.

Schématiquement, la machine Robbins est constituée de trois parties qui assurent chacune un rôle distinct :

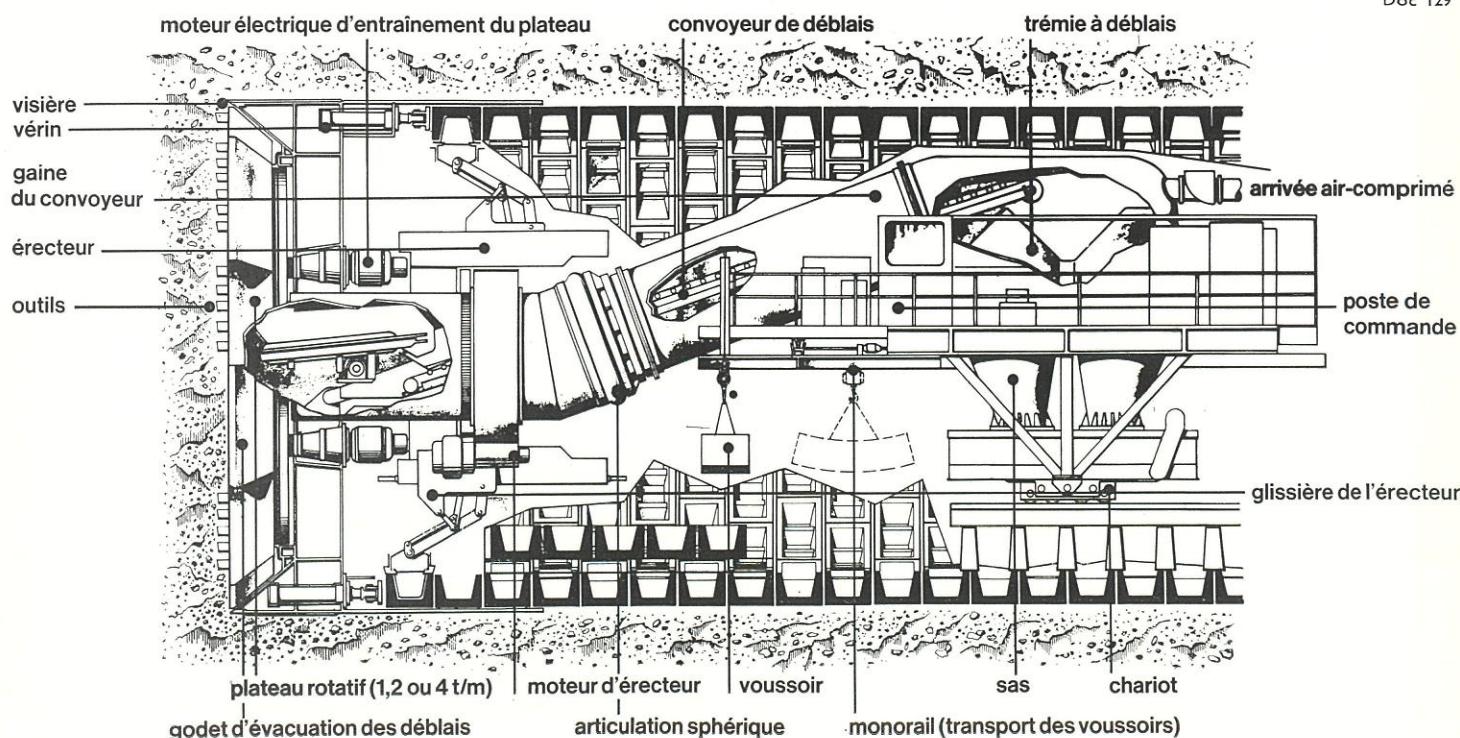
— le soutènement des terres et la protection contre l'eau sont assurés par un bouclier analogue dans son principe (sinon dans sa réalisation) au bouclier que nous avons décrit plus haut : tube cylindrique de 10,20 m de diamètre supportant une cloison étanche en avant de laquelle l'air comprimé empêche les venues d'eau. L'étanchéité entre le bouclier et le revêtement déjà exécuté est assurée par un joint métallique;



Le tunnel sous l'avenue de la Grande-Armée.

Doc 25

— le terrassement proprement dit est réalisé par un plateau mobile autour d'un axe horizontal coïncidant avec l'axe du tunnel. Ce plateau, dont le diamètre est identique au diamètre extérieur du revêtement, soit 10 m, est équipé d'outils découvrant le terrain et de godets reprenant les déblais



MACHINE "ROBBINS"

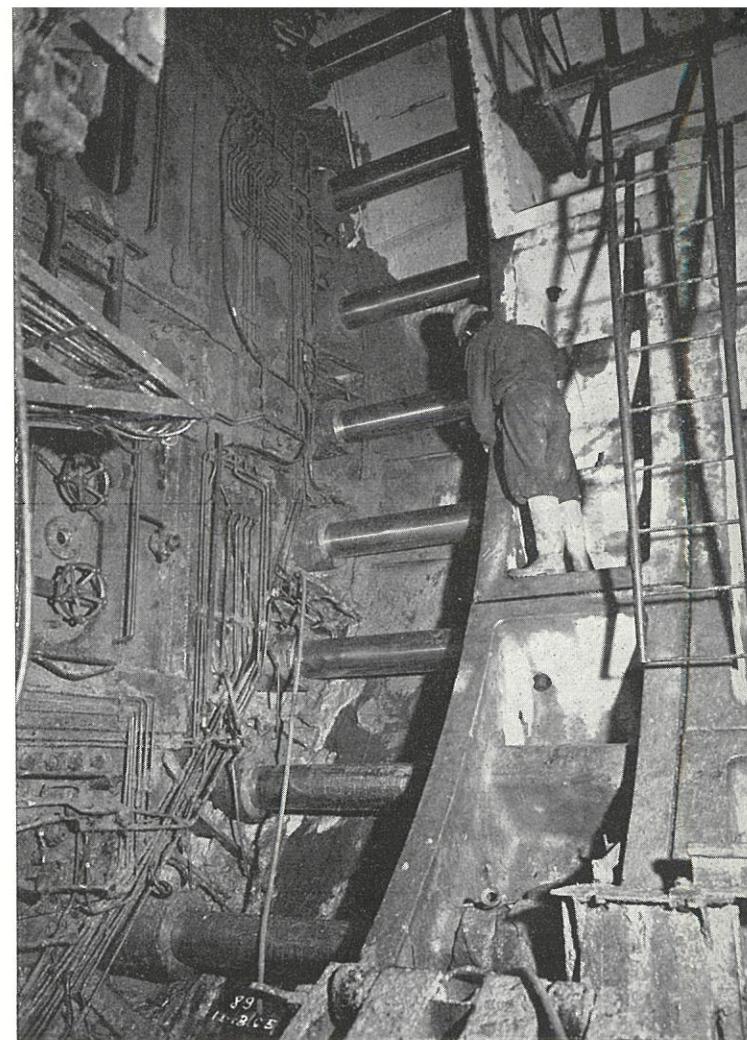
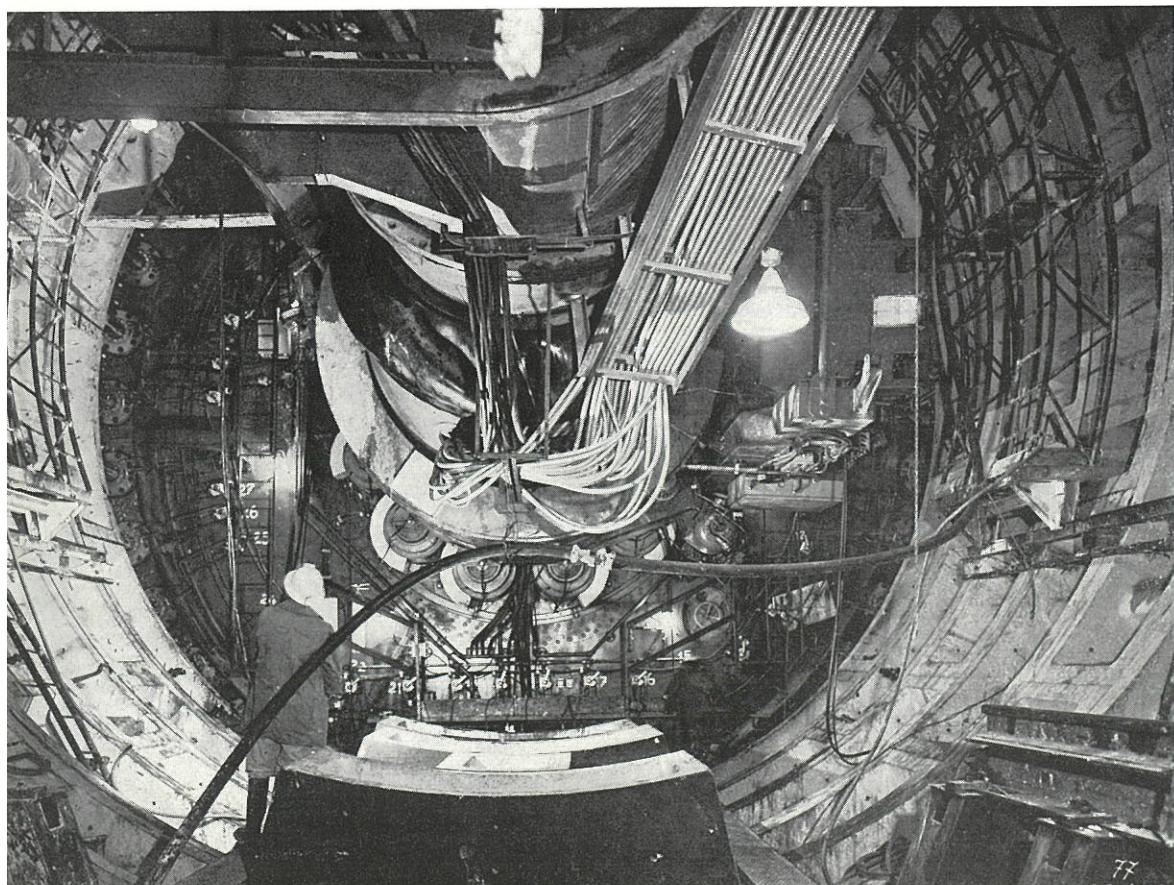
Doc 129

pour les conduire de la périphérie vers le centre sur un tapis transporteur situé dans un tube circulaire lié à la machine et où règne l'air comprimé. De là, après avoir franchi un sas, les déblais sont acheminés en surface par un système complexe de tapis transporteur à l'air libre. Le plateau est entraîné par 10 moteurs d'une puissance unitaire de 100 chevaux. Il peut tourner à la vitesse de 1, 2 ou 4 tours/mn. Pour progresser, la machine qui avance de façon continue prend appui sur le revêtement exécuté par l'intermédiaire de 37 vérins pouvant développer une poussée totale de 5 000 tonnes;

— le revêtement, constitué par un anneau de 1 m de largeur au moyen de 13 voussoirs en béton armé, préfabriqués et boulonnés entre eux, est mis en place au moyen de deux bras érecteurs mobiles autour d'un axe coïncidant avec l'axe du souterrain.

Montée dans un grand puits, situé place de l'Étoile, au cours de l'année 1964, la machine a commencé sa progression en décembre. L'avancement durant le premier semestre de l'année 1965 a été satisfaisant, atteignant 6 à 6,50 m par jour dans les marnes et caillasses. En revanche, dès que la machine a commencé à s'enfoncer dans la nappe, le rythme de progression a été ralenti. Actuellement, avec la charge d'eau de 18 m qui règne au-dessus du radier du tunnel, des difficultés concernant la tenue du joint d'étanchéité sont apparues, entravant la bonne marche de la machine.

doc 131

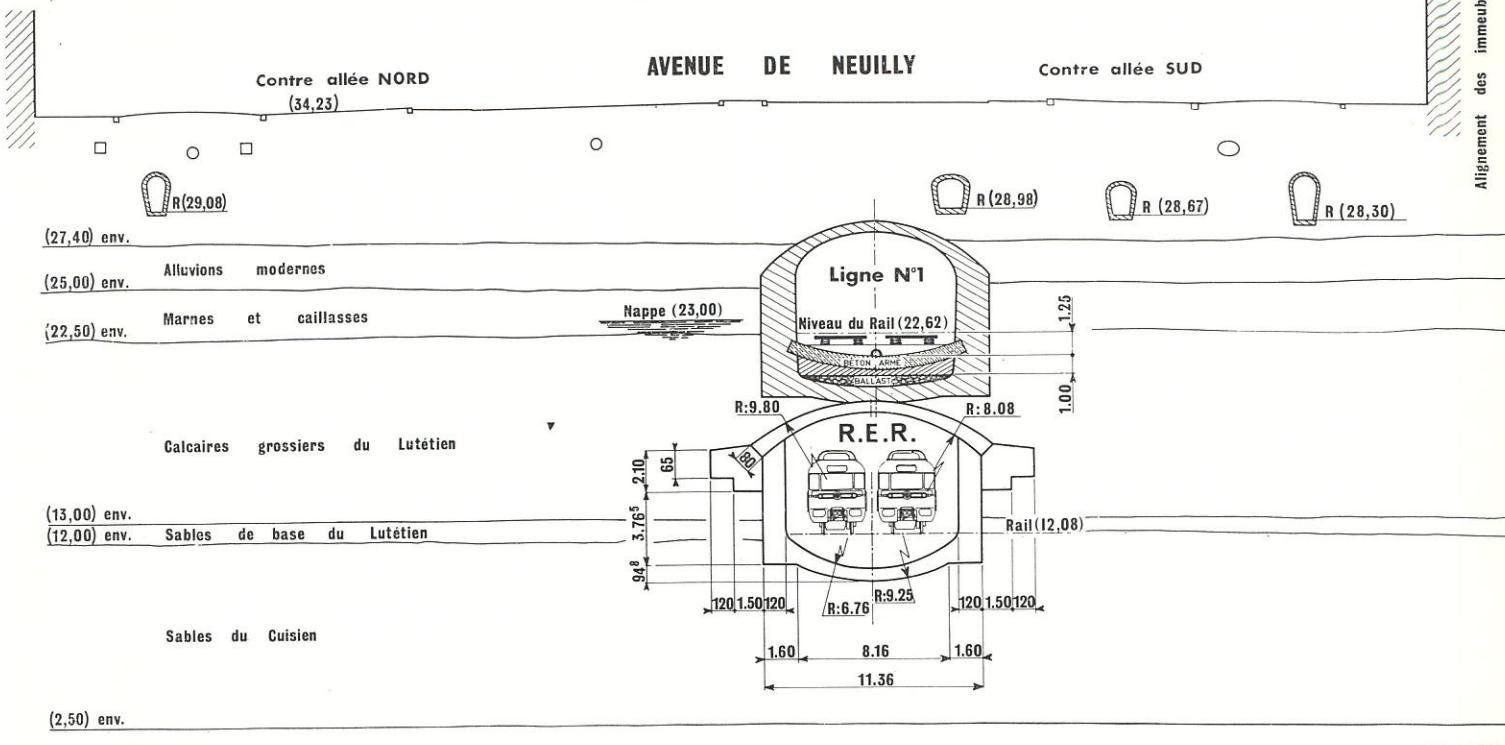


Doc 130

La machine Robbins :

En haut : les vérins prennent appui sur les voussoirs.

A gauche : vue générale du bouclier.



Doc 256

COUPE TRANSVERSALE SOUS LA LIGNE N° 1

entre voussoirs étaient cylindriques et enduites d'une colle à base de résines « époxy » réalisant 11 articulations grâce auxquelles s'effectuaient de petites rotations. L'anneau une fois posé à la cote théorique, on a bourré du mortier dans le hors-profil entre terrain et extrados et l'on a mis en pression un vérin plat incorporé à la clef en cherchant à redonner au terrain les contraintes qu'il avait avant l'ouverture du terrassement. La résine « époxy », en se polymérisant,

SECTION « LA DÉFENSE - ÉTOILE »

La station « Étoile »

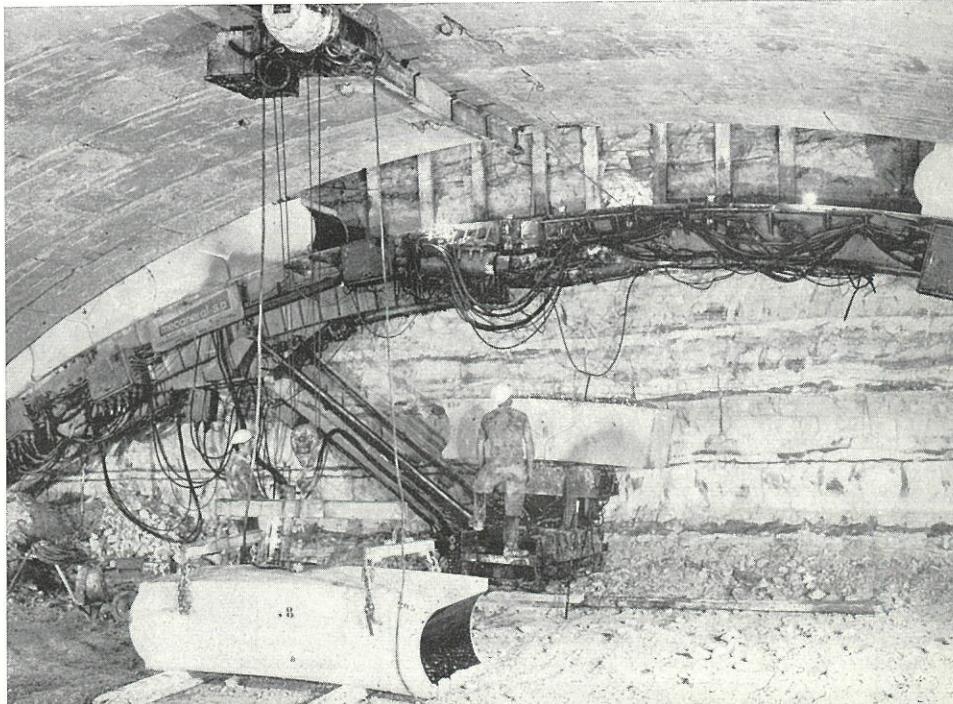
La construction du gros œuvre de la station « Étoile » de la future transversale Est-Ouest est terminée depuis octobre 1965.

Cette station de 225 m de longueur est essentiellement constituée par deux quais de 7 m de largeur enserrant les deux voies. Implantée hors de la nappe dans un bon terrain marno-calcaire, sa réalisation a été cependant rendue délicate par le fait qu'elle se trouve sous trois lignes de métro en exploitation. L'ouvrage est constitué par une voûte mince de 21 m d'ouverture extradosée et intradosée circulairement (épaisseur 0,60 m en clef et 1 m aux naissances). Cette voûte prend appui sur deux culées massives en béton exécutées préalablement.

La voûte elle-même a été exécutée suivant un procédé original. Le terrassement a été fait à pleine section sur 21 m de largeur par tronçons successifs de 0,80 m. Immédiatement derrière le front d'attaque, un coffrage spécial a permis de poser un anneau de voûte de 0,80 m de largeur et constitué par 13 voussoirs préfabriqués, en béton armé. Les surfaces de contact

Section « Étoile » : exécution de la voûte, mise en place des voussoirs.

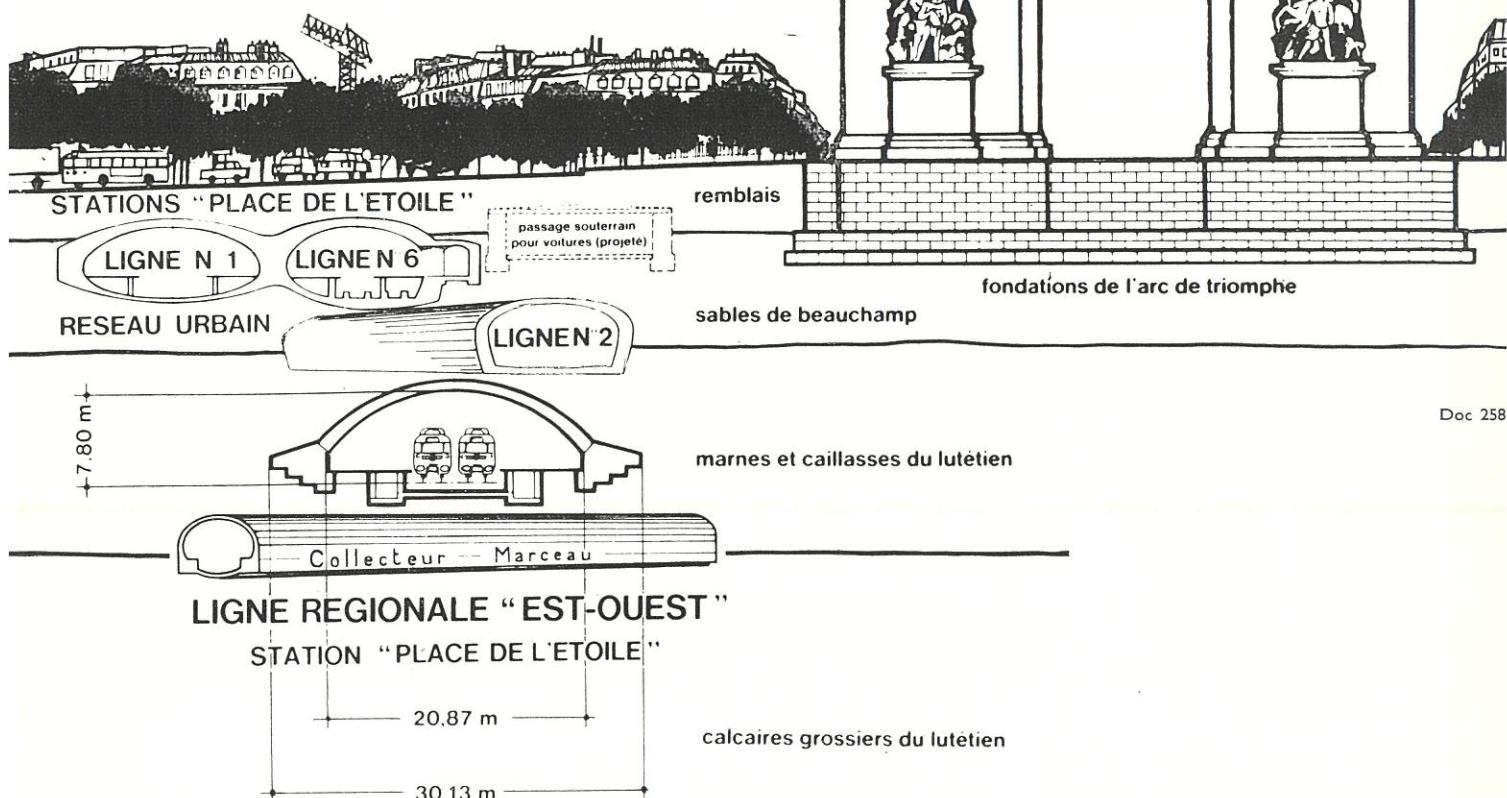
Doc 2



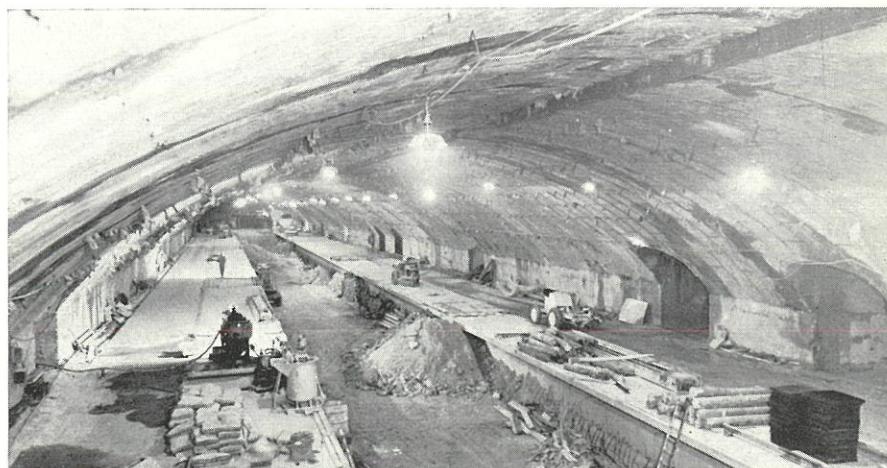
verrouillait les articulations en quelques jours. Il ne restait plus qu'à injecter les surfaces de contact entre anneaux pour réaliser une voûte monolithique.

On a posé régulièrement, en partie courante, un anneau par jour, ce qui correspond à un avancement de 0,80 m.

Le passage sous le tunnel de la ligne n° 2, l'extrados de la voûte de la station étant directement bloqué au radier du tunnel, a nécessité des précautions toutes spéciales; de ce fait, le rythme d'avancement a été sensiblement réduit.



STATION « ÉTOILE »



Doc 259

De l'Étoile à Auber (Opéra)

De l'Étoile, le tunnel rejoindra l'Opéra en passant sous l'avenue de Friedland, le boulevard Haussmann et la rue Auber et en s'enfonçant progressivement dans la nappe phréatique, la charge d'eau devant atteindre 18 m au-dessus du radier, sous la rue Auber.

Ce tronçon de 2 400 m environ sera réalisé suivant trois techniques différentes :

a) 1^{er} lot

En partant de l'Étoile, 700 m de souterrain sont terminés dans des terrains relativement favorables (marno-calcaires d'assez bonne tenue avec charge d'eau faible à l'extrémité Est).

L'ouvrage est voûté en plein cintre (épaisseur du revêtement 0,60 m en clef - 1 m aux naissances); ses piédroits sont verticaux et le radier est légèrement incurvé.

Après l'ouverture d'une galerie de faîte sur toute la longueur du souterrain pour bien contrôler la position des couches géologiques du toit, l'ouvrage a été exécuté suivant une technique classique : terrassement à pleine calotte, blindage bois soutenu par des cintres métalliques, bétonnage à la pompe sur cofrages métalliques — reprise en sous-œuvre par plot pour construction des piédroits, terrassements du stross, bétonnage du radier.

b) 2^e lot

Entre le carrefour Saint-Honoré et la rue de Téhéran, soit sur 500 m environ, le souterrain sera situé sous un parking à six étages pour 2 000 voitures dont

la Ville de Paris a décidé la réalisation. C'est la première fois qu'à Paris un ouvrage mixte de ce type est réalisé. On a commencé par descendre parallèlement aux façades, sur une partie de la hauteur, des murs verticaux constituant les parois extérieures du parking. On a ensuite réalisé une dalle de couverture formant le toit du parking. A l'abri de cette dalle, les travaux du parking sont poursuivis : reprise en sous-œuvre des murs verticaux, mise en place des divers planchers intermédiaires.

Les travaux du parking ayant atteint le niveau du dernier plancher, ceux du souterrain du R.E.R. sont actuellement entrepris « à ciel ouvert ». Le tunnel sera constitué par un ouvrage en béton armé de 8,70 m de largeur et 7 m de hauteur. Il est à noter que la partie ouest de l'ouvrage étant située dans les sables de Beauchamp mouillés, le tunnel sera construit dans cette partie, à l'abri de parois moulées en cours d'exécution à partir du 6^e sous-sol du parking.

Des précautions particulières seront prises pour qu'un incendie éventuel dans le parking ne vienne pas perturber l'exploitation du chemin de fer.

Actuellement, on procède aux travaux de terrassement du 5^e étage du garage souterrain.

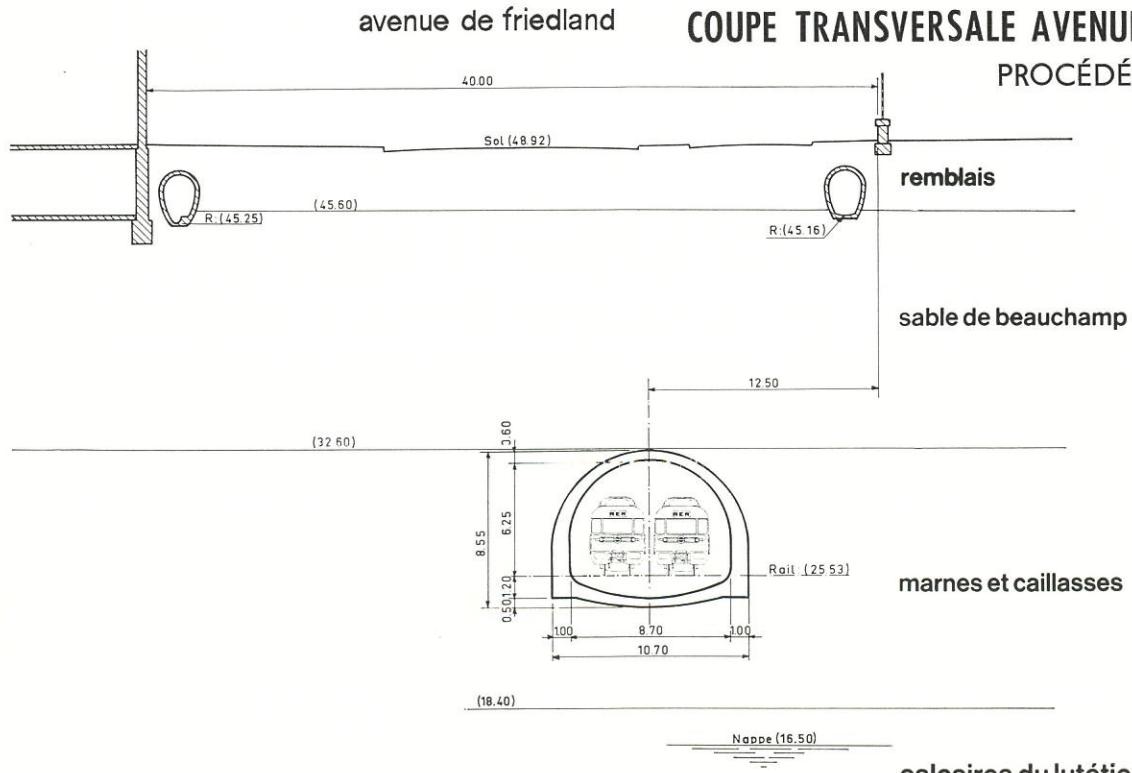
c) 3^e lot

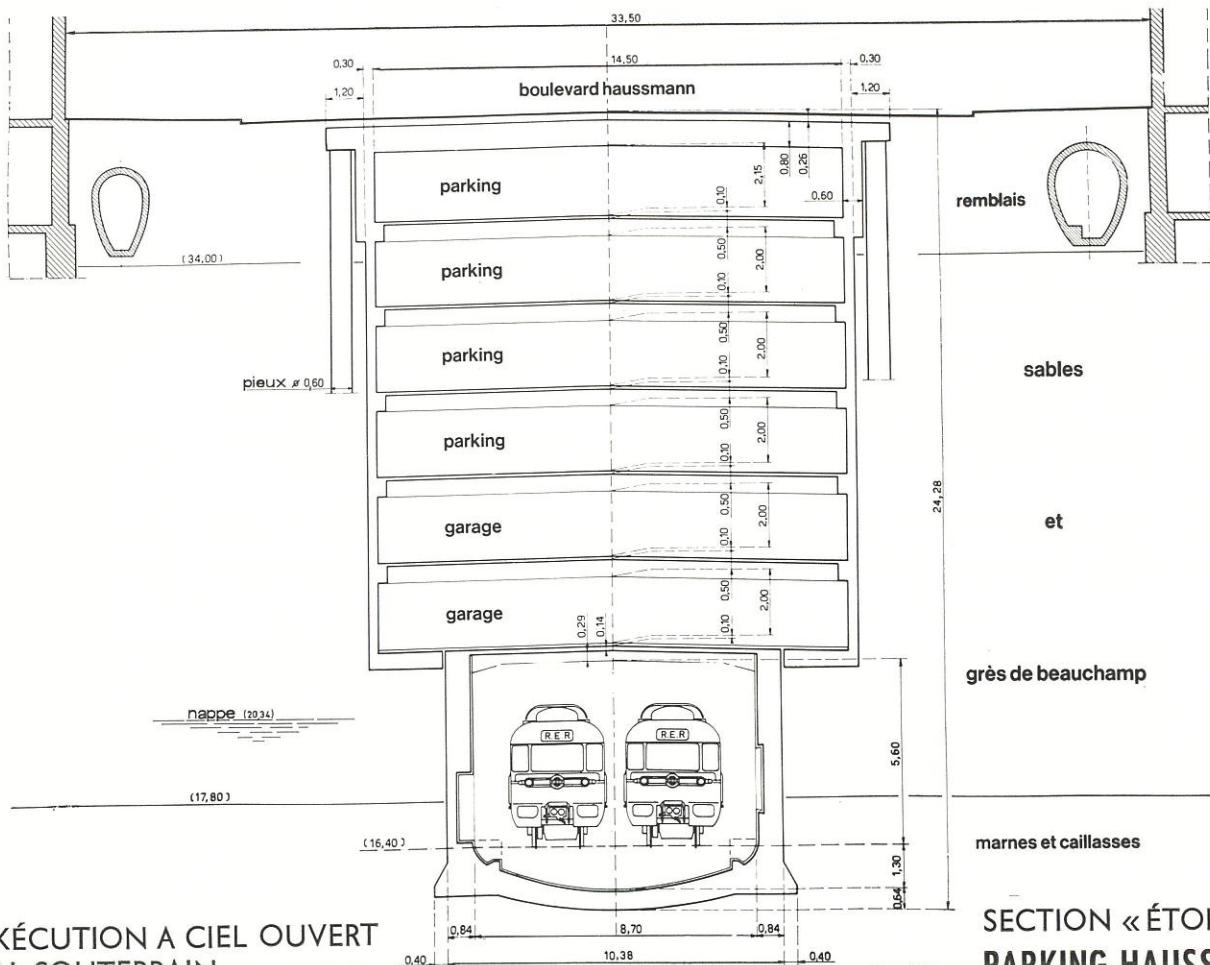
Avec le lot suivant (rue de Téhéran - rue Auber), le souterrain pénétrera vraiment au cœur de Paris; à partir de la place Saint-Augustin, soit sur 1 000 m environ, il se développera dans les artères relativement étroites et sous des lignes de métro en exploitation.

SECTION « ÉTOILE-AUBER »

COUPE TRANSVERSALE AVENUE DE FRIEDLAND

PROCÉDÉ TRADITIONNEL

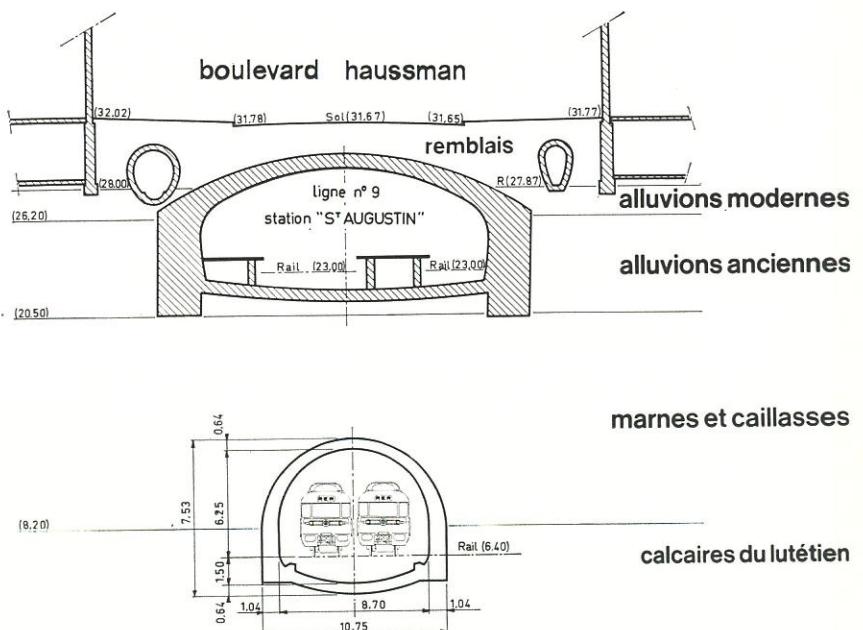


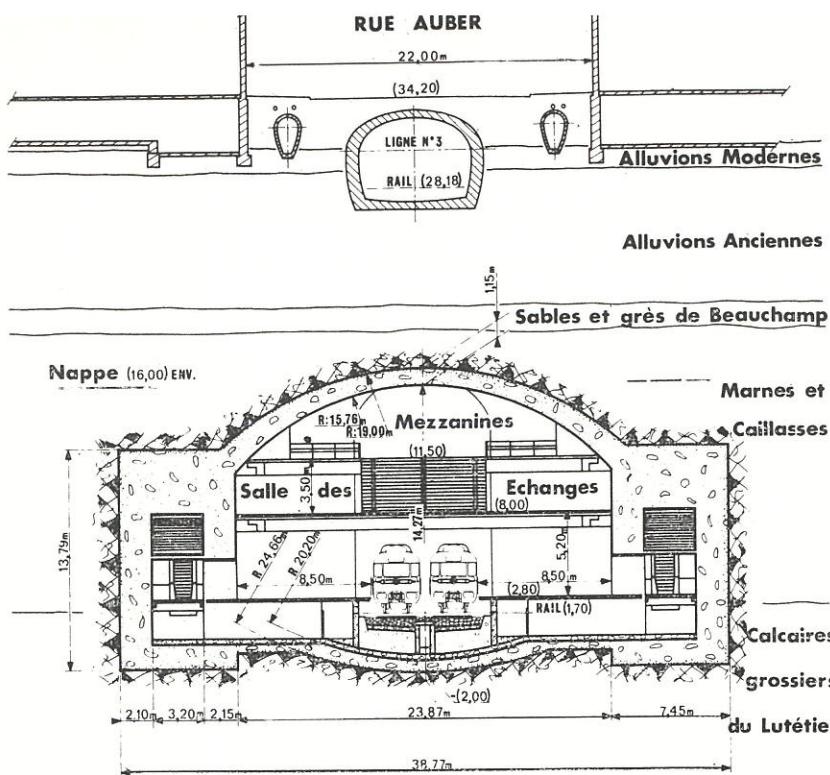


Les terrains rencontrés sont de bonne tenue (marno-calcaires et calcaire franc).

Le souterrain, qui aura la même forme que dans le premier lot décrit ci-dessus, avec voûte, piédroits et radier incurvé, est en cours d'exécution, le terrassement s'effectuant à pleine calotte avec blindage du ciel. Dans les terrains marno-calcaires, l'emploi de marteaux pneumatiques est suffisant pour opérer le terrassement. En pleine masse calcaire, on a recours à des haveuses qui sciennent les bancs durs et découpent des blocs qu'il suffit ensuite d'extraire et de morceler à l'aide d'outils éclateurs. Le revêtement sera exécuté en béton coulé sur place. La voûte sera réalisée d'abord; on exécutera ensuite les piédroits en reprise, en sous-œuvre, par petite longueur.

Les travaux correspondants sont en cours d'exécution à partir de 3 puits principaux (Roy - Haussmann, Louis XVI - Haussmann, Auber - Haussmann) et 500 m de voûtes sont actuellement exécutés.





La station « Auber »

Il convient, avant de terminer cet exposé, de dire quelques mots de la station « Auber » qui constituera tout à la fois le « nœud » le plus important et l'ouvrage le plus difficile à réaliser de la transversale Est-Ouest. Cette station, qui sera reliée aux 6 lignes de métro passant aux 3 stations : « Saint-Lazare », « Havre-Caumartin », « Opéra », doit assurer, dans l'avenir, un trafic considérable (50 000 voyageurs à l'heure dans chaque direction, soit environ 800 voyageurs/mn).

L'implantation sous la rue Auber, relativement étroite (22 m entre façades), imposera de réduire au minimum la largeur de l'ouvrage. C'est pourquoi on a choisi de réaliser là une station « haute et étroite », à deux voies : largeur hors tout : 39 m — hauteur totale : 19 m.

La station abritera, au niveau inférieur, deux quais latéraux de 8,50 m de largeur enserrant les deux voies. Au-dessus, on trouvera deux étages de planchers pour la circulation des voyageurs et leur évolution vers les accès et les intercommunications. Les échanges entre les étages et les quais se feront à l'intérieur de culées creuses où seront aménagés les escaliers fixes et mobiles.

L'ouvrage comportera une voûte de 24 m d'ouverture environ extradossée et intradossée circulairement — deux culées creuses de 13 m de hauteur — un radier incurvé.

La situation particulièrement défavorable de la station qui sera construite sous une ligne de métro en exploitation, s'engagera sous les immeubles et sera entièrement située dans la nappe phréatique, imposera un traitement préalable de consolidation et d'étanchement du terrain au moyen d'injections.

◀ STATION « AUBER »

Les travaux de percement de trois galeries longitudinales qui permettront de reconnaître avec certitude les couches géologiques rencontrées et d'exécuter les injections de consolidation sont entrepris. L'exécution de la galerie de faîte est actuellement terminée. Ces galeries latérales sont en cours de terrassement et la campagne d'injection se développe conformément aux prévisions.

Souterrain de garage

Un souterrain de garage, d'une longueur de 700 m et composé d'un ouvrage à deux voies de 8,70 m de largeur intérieure, sera exécuté à l'extrémité Est de la station. Il s'étendra sous la place de l'Opéra et la rue du Quatre-Septembre et se terminera aux abords de la place de la Bourse. Il servira, pendant l'exploitation du tronçon Saint-Germain - Auber, au garage et au retournement des trains. Il constituera ultérieurement l'amorce du souterrain courant vers Châtelet et Nation.

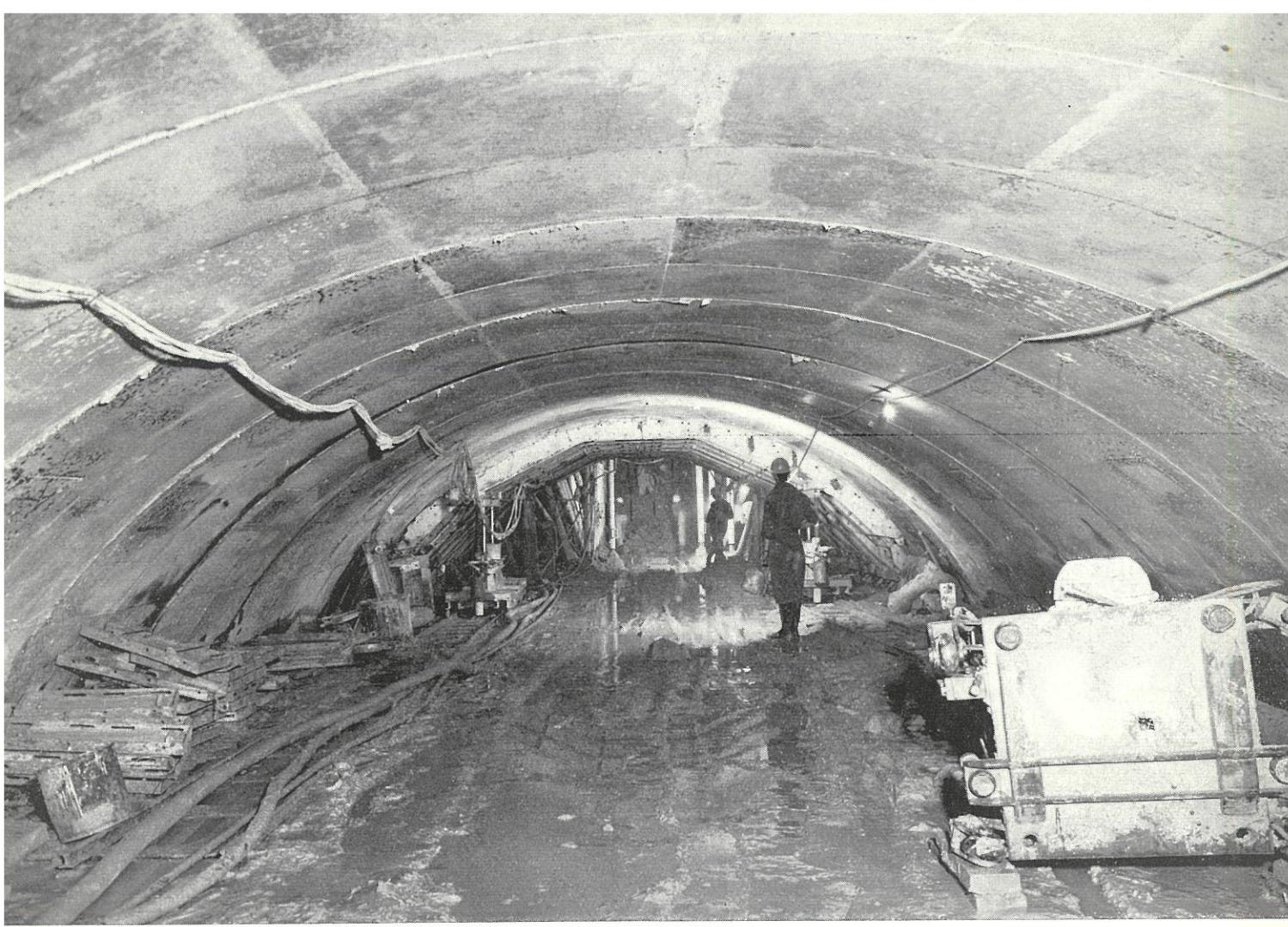
L'exécution de cet ouvrage sera particulièrement délicate en raison de la rencontre de couches de terrain sableux (sables de Beauchamp) baignant dans la nappe et aussi de la présence de nombreux ouvrages existant au-dessus du tracé du tunnel (lignes n°s 3, 7 et 8 du réseau métropolitain, proximité du Théâtre de l'Opéra, immeubles, etc.).

Trois des quatre puits permettant l'établissement d'une galerie de reconnaissance sur toute la longueur de ce lot sont terminés. A partir de cette galerie, un traitement de consolidation des terrains sera appliqué en partie haute et un traitement d'étanchement en partie basse. A l'abri de cette protection et dans le noyau de terrains ainsi traités, le souterrain sera construit; de grandes précautions devront être prises pour éviter toute décompression du sol.

Station « Auber » :
travaux préparatoires, vue de la galerie supérieure.

Doc 261





oc 262

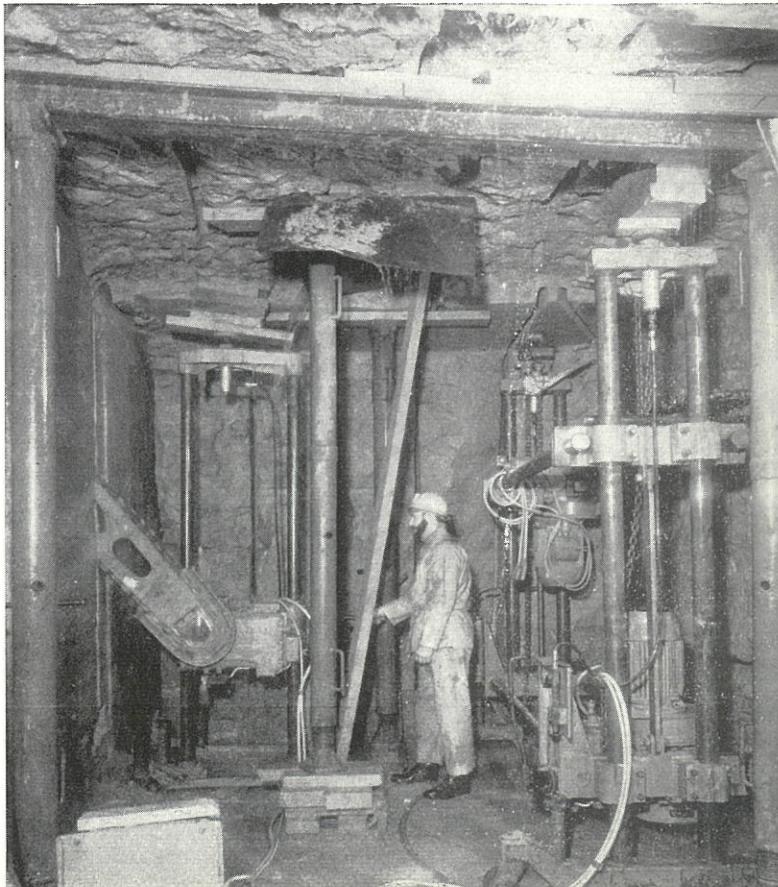
Puits « Auber »

En haut :

— voûte de souterrain, côté aval, vers « Auber ».

A droite :

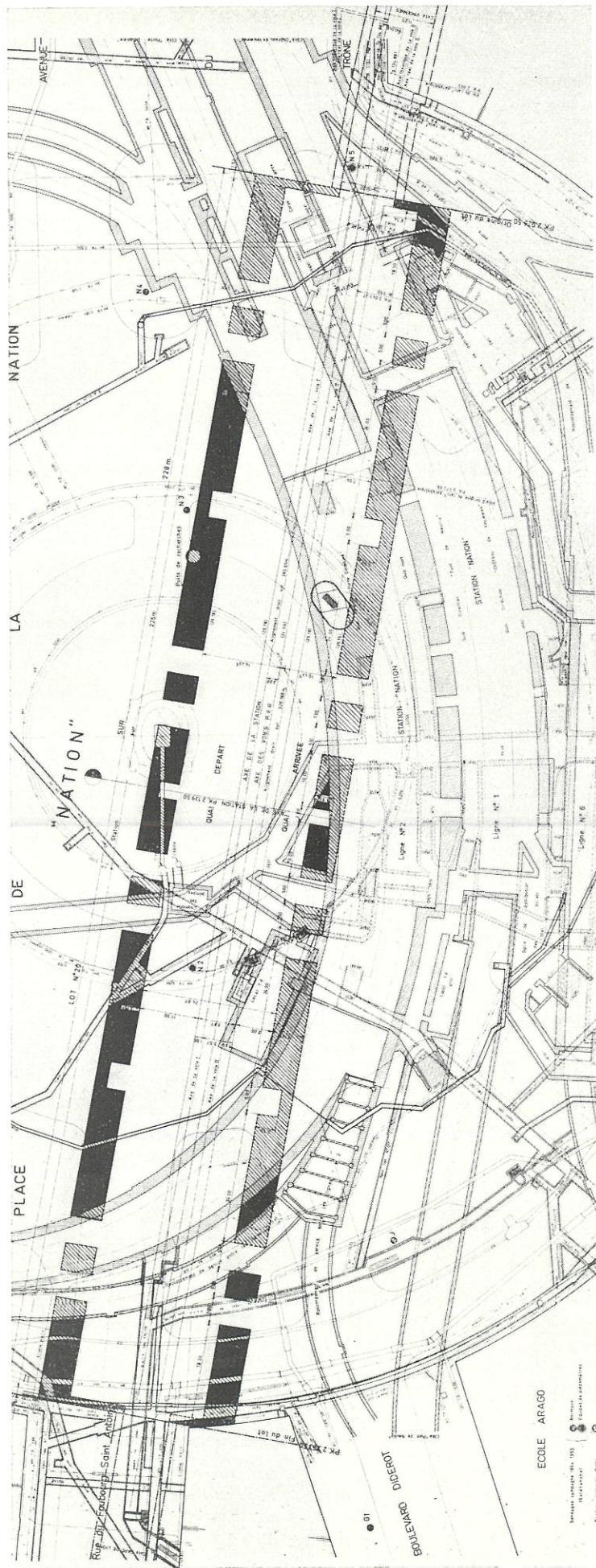
— galerie d'accès à partir du puits « Auber »;
— détail du travail à la scie dans le calcaire dur.



Doc 263

STATION « NATION » VUE EN PLAN

Doc 264



DEUXIÈME PARTIE

BRANCHE EST

La branche Est de la transversale Est-Ouest « Nation - Boissy-Saint-Léger » peut, au point de vue des travaux, être divisée en deux tronçons :

- Nation - Vincennes;
- Vincennes - Boissy-Saint-Léger.

Nation - Vincennes

Sur le premier tronçon qui s'étend de la rue du Faubourg-Saint-Antoine, à Paris, à l'avenue Gambetta, à Saint-Mandé, le tunnel passera, dans Paris, sous la rue du Faubourg-Saint-Antoine, la place de la Nation, le boulevard de Picpus, l'avenue de Saint-Mandé et l'avenue Courteline, dans Saint-Mandé sous l'avenue Victor-Hugo et se raccordera à la ligne actuelle Paris - Bastille - Boissy-Saint-Léger, à proximité de la gare de Saint-Mandé. Ce tronçon, de 2'500 m environ, sera réalisé suivant des techniques différentes.

La station « Nation »

Les travaux relatifs à la construction des ouvrages de la station « Nation » ont été entrepris le 24 septembre 1965.

Cette station, de 225 m de longueur, sera essentiellement constituée par deux quais de 7 m et 11 m de largeur enserrant les deux voies; elle sera implantée dans un terrain composé en partie basse de terrains marno-calcaires baignés par la nappe aquifère et en partie haute de sables de Beauchamp.

Sa réalisation sera rendue délicate par le fait qu'elle se trouve sous deux lignes de métro en exploitation.

L'ouvrage sera constitué par une voûte mince de 25 m d'ouverture extradossée et intradossée circulairement (épaisseur 0,80 m en clef et 1,30 m aux naissances).

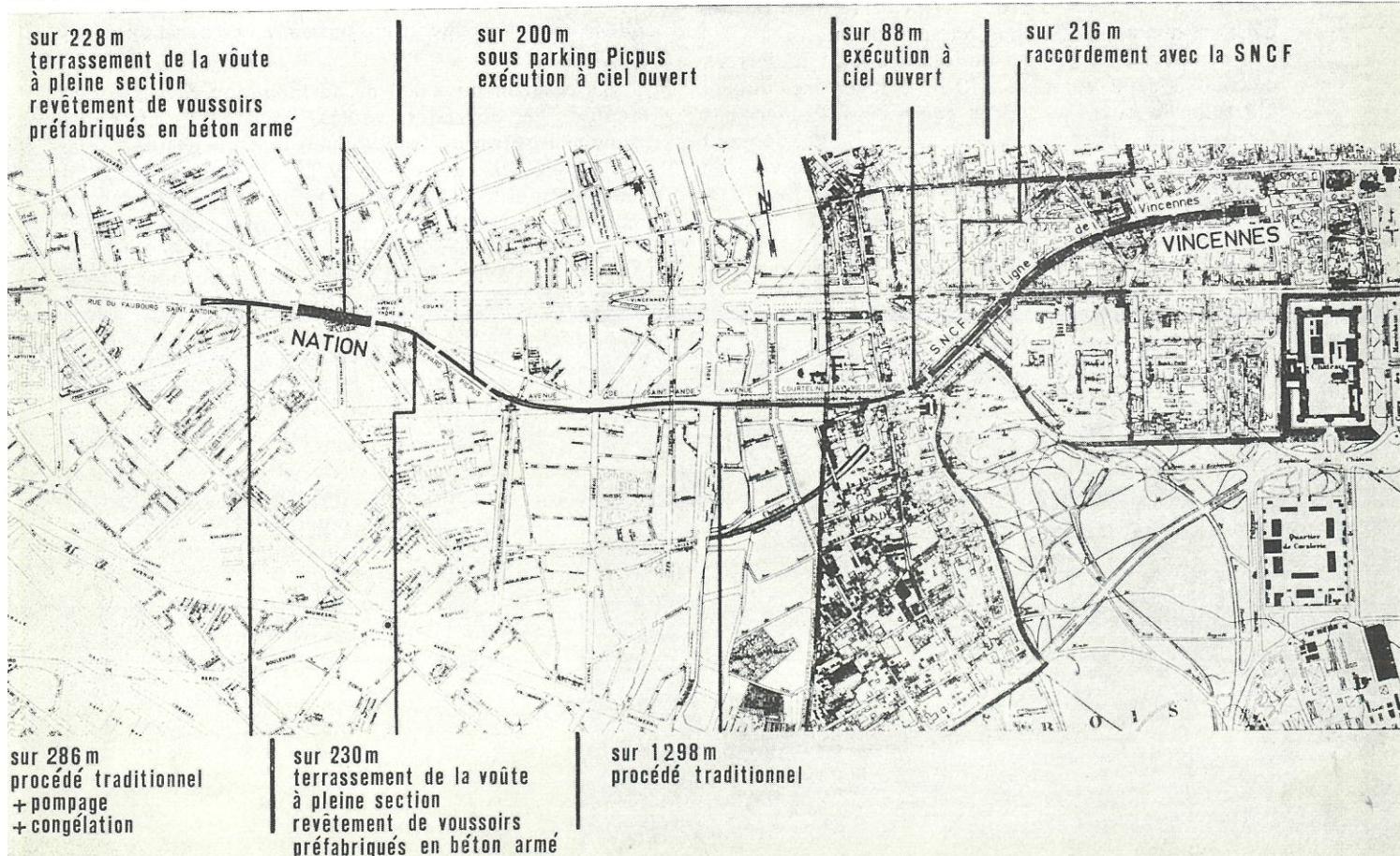
Cette voûte prendra appui sur deux culées massives en béton, exécutées préalablement.

La voûte elle-même sera construite suivant le procédé qui vient d'être appliqué avec succès pour la voûte de la station « Étoile » du R.E.R., mais l'anneau de voûte de 0,80 m de largeur comportera 15 voussoirs au lieu de 13; 13 articulations permettant de petites rotations seront ainsi réalisées.

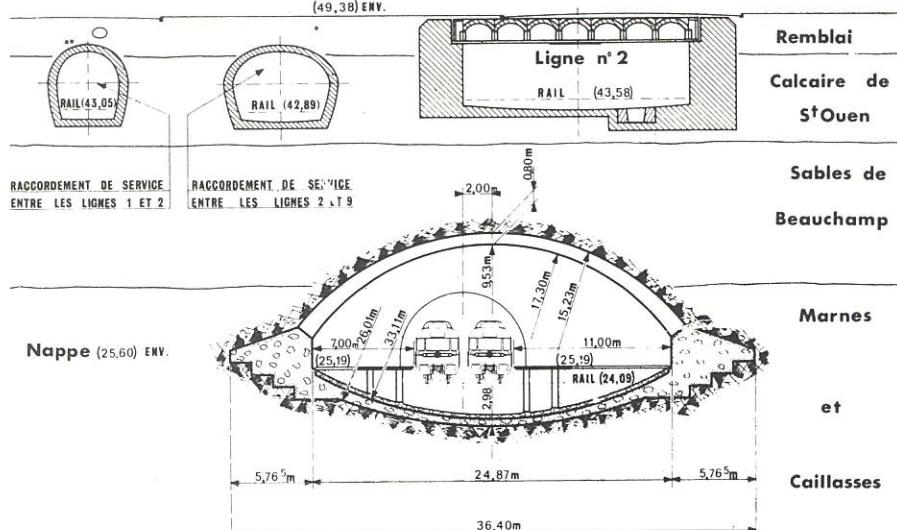
SECTION « NATION - VINCENNES »

MÉTHODES D'EXÉCUTION DES OUVRAGES

Doc 265



PLACE DE LA NATION



STATION « NATION »

De la place de la Nation vers la gare de Lyon

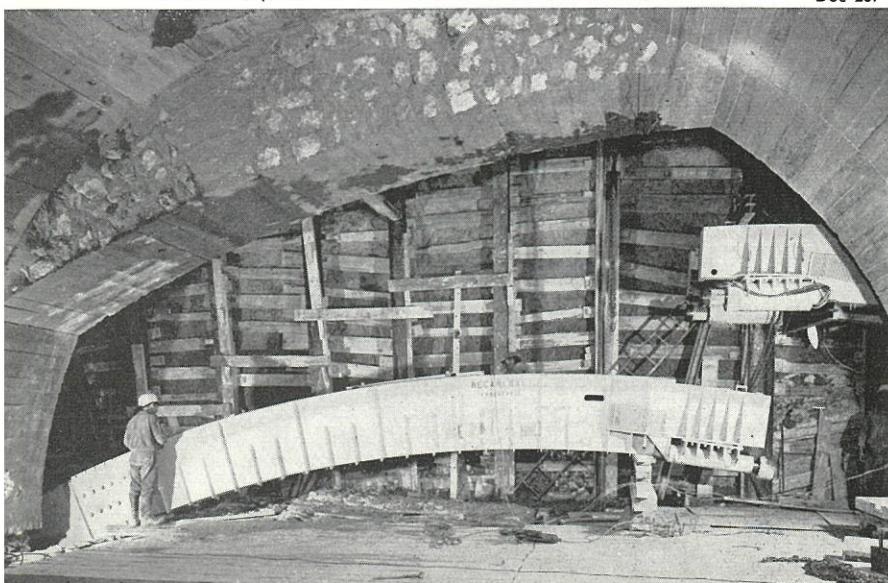
De la place de la Nation, le tunnel s'engagera sous la rue du Faubourg-Saint-Antoine en s'enfonçant progressivement dans la nappe phréatique qui baigne, dans cette partie du tracé, non seulement les terrains marno-calcaires, mais aussi les sables de Beauchamp.

Ce tunnel, long de 286 m environ, constituera, dans la phase actuelle des travaux, le terminus provisoire de la branche Est du R.E.R., puis, ultérieurement, l'amorce du prolongement en direction de la gare de Lyon.

Le tunnel se compose essentiellement d'ouvrages maçonnés exécutés suivant le procédé traditionnel avec rabattement de nappe par pompage.

Il comporte, en partant de la station, un souterrain courant à deux voies de 8,70 m d'ouverture, auquel fait suite un ouvrage spécial composé de souterrains d'ouvertures différentes (10, 11, 12 et 13 m) et donnant naissance à deux souterrains courants à une voie de 6,10 m qui forment cul-de-sac.

Station « Nation » : chambre de montage (partie centrale); machine à poser les voussoirs en cours de montage.



DOC 287

Les souterrains courants à deux voies et une voie seront voûtés plein cintre, les souterrains composant l'ouvrage spécial seront voûtés en anse de panier.

Les piédroits et les radiers seront incurvés pour résister aux sous-pressions.

Les travaux correspondants ont été entrepris au mois de mai de l'année 1966.

et Caillasses Doc 266	<p>Les différents souterrains seront construits suivant un procédé classique : galerie de faîte, abattages latéraux jusqu'aux naisances, bétonnage de la voûte, exécution des piédroits par reprise en sous-œuvre de la voûte au moyen de puits, terrassement du stross et bétonnage du radier. Pour assurer la stabilité des immeubles riverains, le sol sera consolidé au moyen de pieux-racines qui seront foncés à partir de galeries établies sous trottoirs. Ces galeries seront couvertes par un platelage afin que la circulation sur l'avenue puisse être assurée.</p>
--	---

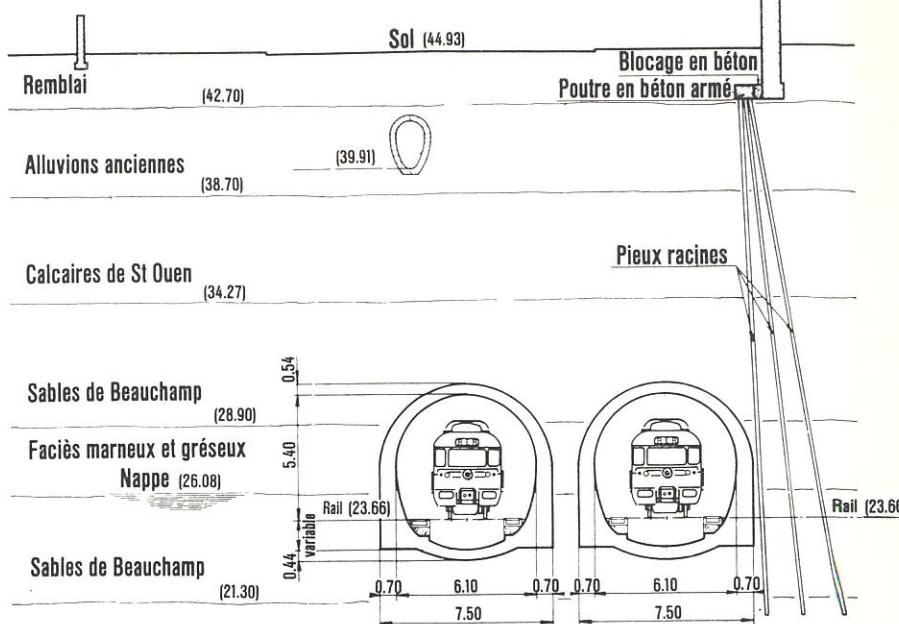
De la place de la Nation à Saint-Mandé

De la place de la Nation, le tunnel se raccordera à la ligne S.N.C.F. de Paris-Bastille à Boissy-Saint-Léger, à proximité de la gare actuelle de Saint-Mandé, en passant dans Paris sous le boulevard de Picpus, l'avenue de Saint-Mandé et l'avenue Courteline et dans Saint-Mandé sous l'avenue Victor-Hugo et la place Charles-Digeon en remontant progressivement vers la surface.

Ce tronçon de 2 000 m de longueur environ sera réalisé en ouvrages voûtés, maçonnés, construits suivant le procédé traditionnel, sauf au passage sous les immeubles de l'avenue du Trône, entre la place de la Nation et le boulevard de Picpus où l'ouvrage sera constitué par une voûte mince extradossée et intradosée circulairement (épaisseur 0,50 m à la clef et 0,80 m aux naissances) prenant appui sur deux culées massives exécutées préalablement. Cette voûte sera formée de voussoirs préfabriqués en béton armé, suivant le procédé adopté pour les stations « Étoile » et « Nation ».

Une opération, mixte parking-R.E.R. (analogique à celle qui est actuellement en cours boulevard Haussmann), sera réalisée sous le boulevard de Picpus. Les travaux commenceront courant novembre 1966.

Des travaux confortatifs seront entrepris pour les immeubles lorsque le souterrain passera à proximité de ceux-ci. Ils com-



porteront des reprises en sous-œuvre des fondations et la consolidation des terrains au moyen de pieux-racines suivant le procédé utilisé dans la rue du Faubourg-Saint-Antoine.

Au passage sous les immeubles situés à l'angle de la place Charles-Digeon et de l'avenue Gambetta, à Saint-Mandé, le souterrain étant établi très près des fondations, la consolidation se fera au moyen de portiques qui encadreront le souterrain à construire.

Celui-ci restera indépendant des consolidations de façon que les vibrations causées par l'exploitation du chemin de fer ne provoquent aucune gêne pour les habitants des immeubles.

Un ouvrage spécial est prévu pour le passage en bâche au-dessus du souterrain d'un collecteur important qui doit être dévié aux abords de la rue Gambetta du fait de la construction du R.E.R.

Raccordement du souterrain avec la ligne S.N.C.F. de Paris-Bastille à Boissy-Saint-Léger

Les ouvrages de raccordement nécessiteront des études de détail importantes en vue de l'exécution de murs de soutènement de grande hauteur, en contrebas de l'avenue Gambetta. Ces ouvrages seront étudiés en liaison avec les services techniques de la S.N.C.F.

Vincennes-Boissy

Cette section est aérienne et constituée par une partie de la ligne de Vincennes, actuellement exploitée par la S.N.C.F.

Elle a environ 17 km de longueur entre le point de raccordement avec la section souterraine précédente (gare de Saint-Mandé) et le terminus de Boissy-Saint-Léger - Brévannes.

En plus des travaux d'électrification proprement dits, la partie de la ligne de Vincennes incorporée à la transversale Est-Ouest devra faire l'objet d'importants travaux d'adaptation de ses installations au trafic envisagé pour le Réseau Express Régional.

Ceux-ci, qui sont déjà commencés, intéressent toutes les gares; mais les plus importants sont localisés à

(05.85)

Calcaires grossiers du lutétien

SECTION « NATION - VINCENNES »

SOUTERRAIN DE GARAGE

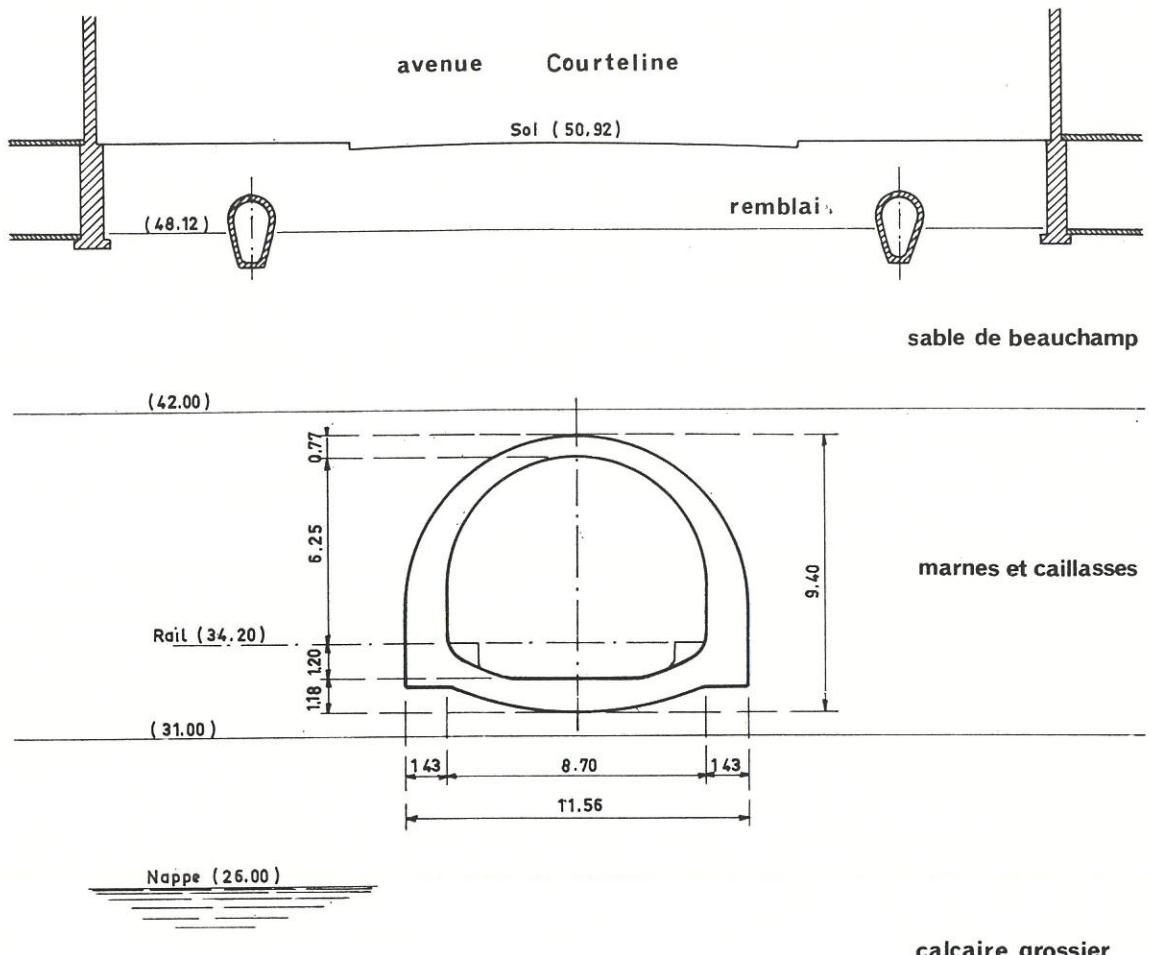
PROCÉDÉ TRADITIONNEL - POMPAGE

Doc 268

Vincennes, Fontenay, Nogent, La Varenne, Sucy et Boissy.

Ils ont pour objet essentiel :

- d'assurer le service des voyageurs au moyen de trains automoteurs long (225 m), à gros débit et à grande vitesse (pointe à 100 km/h);
- de permettre le rabattement, sur les principales stations de la ligne, de lignes routières desservant les localités voisines au moyen d'installations d'échange commodes pour les voyageurs et compatibles avec la circulation générale;
- de desservir des parkings d'intérêt régional prévus par les services des Ponts et Chaussées à Fontenay, Nogent, La Varenne et Boissy;



SECTION « NATION - VINCENNES »

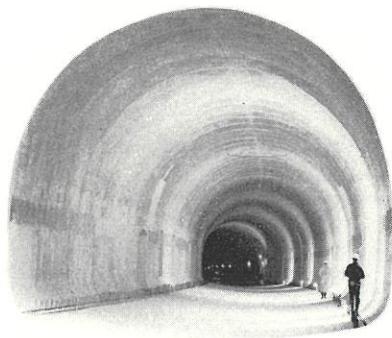
Doc 269

COUPE TRANSVERSALE SOUS L'AVENUE COURTELINE PROCÉDÉ TRADITIONNEL

- de continuer à desservir des gares marchandises et des embranchements particuliers dont l'exploitation restera assurée par la S.N.C.F.;
- de maintenir entre Champigny et Sucy la continuité de la ligne S.N.C.F. de grande ceinture, notamment par la construction d'un nouveau pont sur la Marne.

La traction électrique des trains nécessitera l'installation d'une ligne aérienne de contact alimentée en courant continu à 1 500 V.

Sur l'étendue de la section aérienne, de nombreux ouvrages d'art sont à modifier ou à reconstruire.



Doc 270

