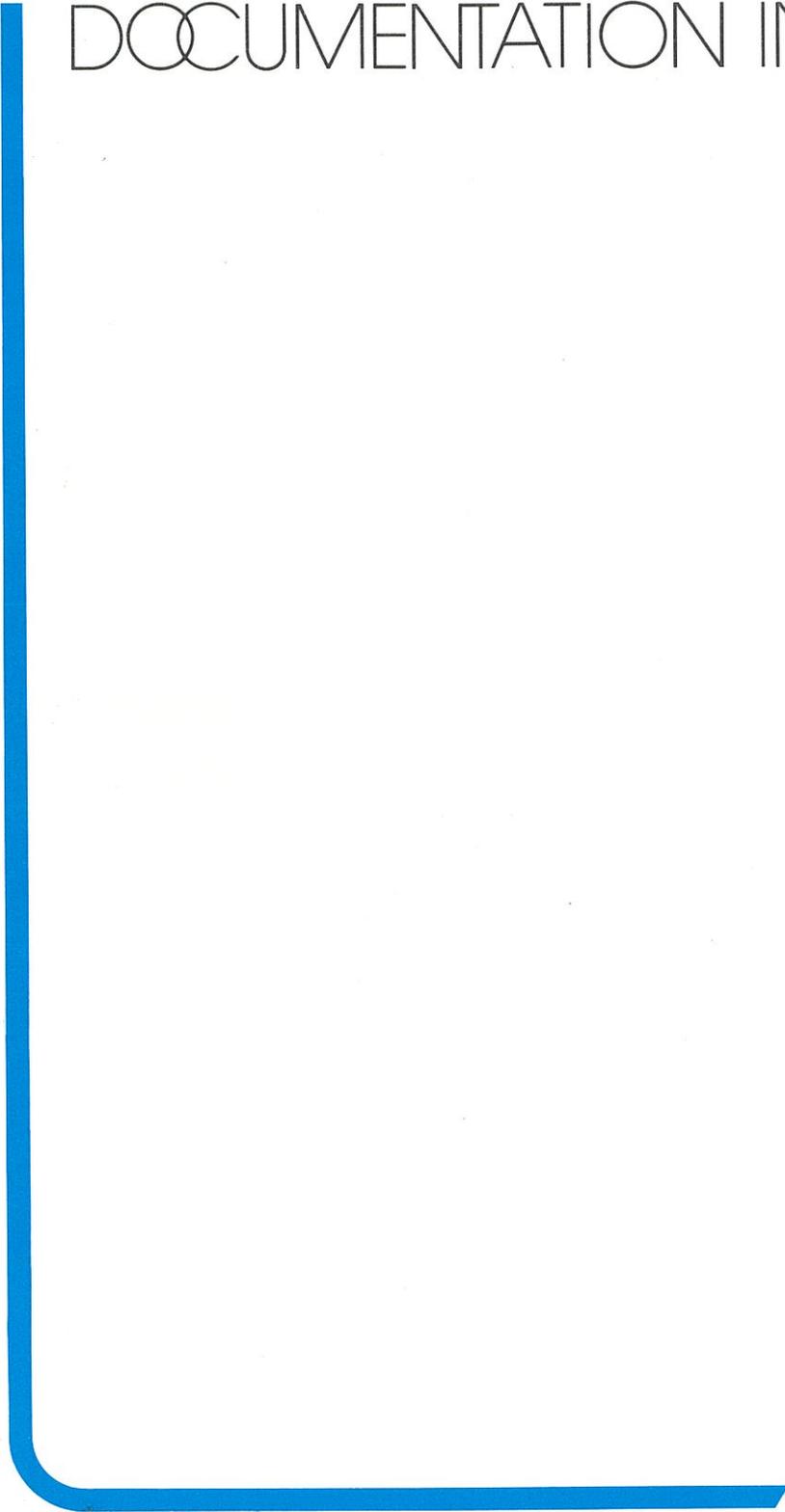


M. Baudot

79

avril - mai

DOCUMENTATION INFORMATION



RATP

REGIE
AUTONOME
DES
TRANSPORTS
PARISIENS

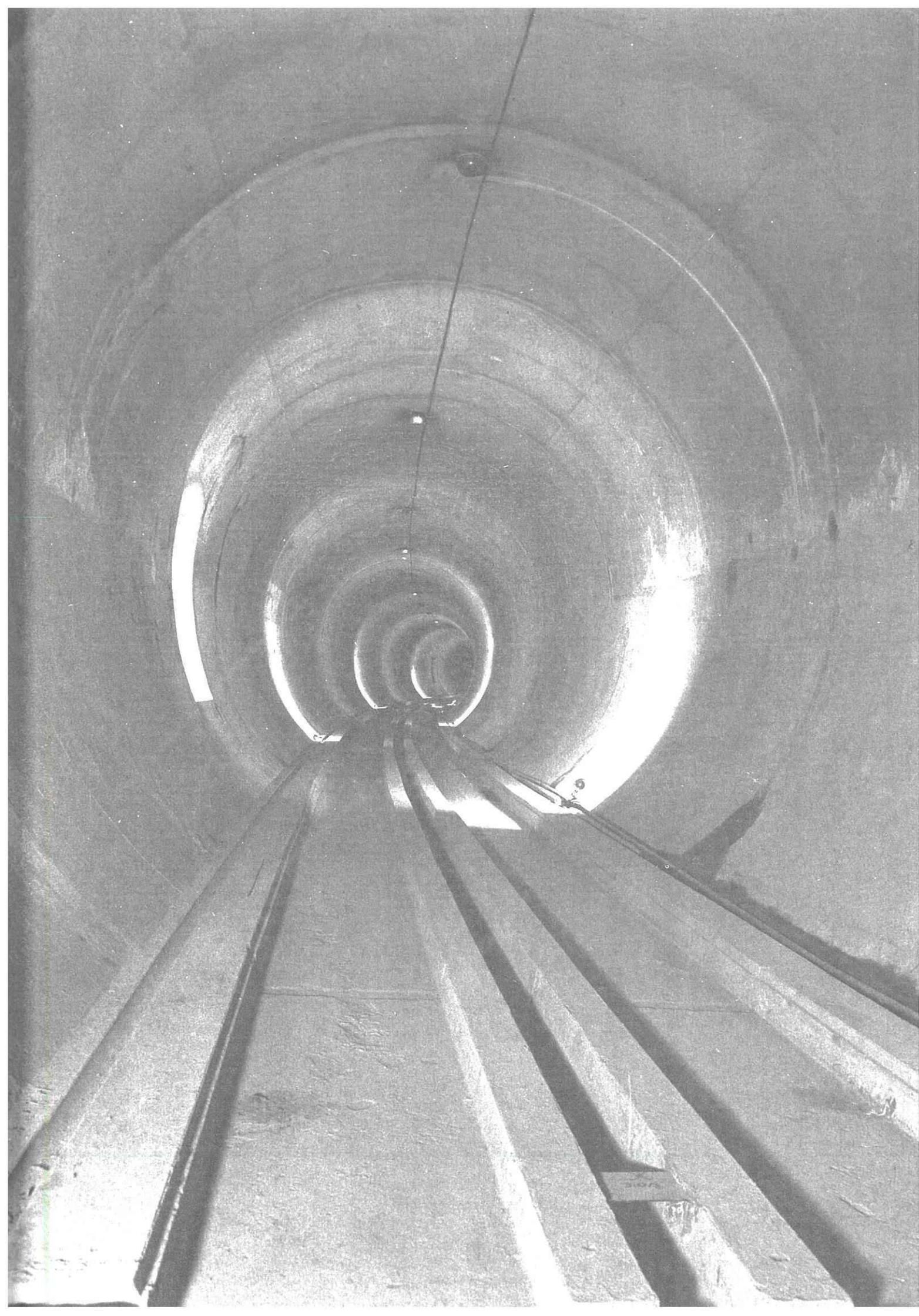
53 ter, Quai des Grands-Augustins
75271 PARIS CEDEX 06

**Bulletin de documentation et d'information
édité par la Direction des études générales**

Abonnement annuel (5 numéros)
FRANCE et ÉTRANGER : 72 F

SOMMAIRE

RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT	
L'Association française des travaux en souterrain	5
L'ACTUALITÉ DANS LES TRANSPORTS PARISIENS	
Le prolongement de la ligne 7 au Nord	11
Vues des travaux en cours	26
NOUVELLES DIVERSES DE LA RATP	
Conseil d'administration	29
L'entretien des voies dans le métro	31
Exploitation du réseau routier	38
Trafic et service de l'année 1979	40
LES TRANSPORTS PUBLICS DANS LE MONDE	
Nouvelles de l'étranger	43



L'ASSOCIATION FRANÇAISE DES TRAVAUX EN SOUTERRAIN

La présentation suivante concernant l'Association française des travaux en souterrain (AFTES) a pour but de mieux faire connaître un champ d'activités et de recherches auquel participent de nombreux cadres et techniciens de la RATP appartenant essentiellement à la Direction des travaux neufs.

En effet, la RATP prend une part importante aux travaux de l'AFTES et bénéficie en retour des recommandations des groupes d'études du comité technique, ainsi que des nombreuses informations publiées dans l'organe officiel de l'association, la revue "Tunnels et ouvrages souterrains".

Il est important de souligner que dans le domaine de la construction des tunnels, secteur relativement étroit dans le contexte des problèmes posés à une entreprise de transport comme la RATP et à beaucoup d'autres entreprises françaises, il a été possible de regrouper tous les spécialistes du secteur des réalisations souterraines qu'ils appartiennent à des administrations, bureaux d'études, entreprises ou à des sociétés de construction de matériel.

Grâce à l'expérience et aux connaissances de tous les membres de l'AFTES, des voies nouvelles de recherches se sont dégagées ces dernières années. Les nombreux contacts pris entre les divers représentants des maîtres d'œuvre ou des constructeurs en France et à l'étranger, par le canal de l'Association internationale (AITES) ont favorisé les échanges entre experts des travaux souterrains et ont contribué, par l'enrichissement de nos connaissances, à améliorer la qualité des applications effectuées dans notre domaine professionnel.

L. LUPIAC

Directeur des travaux neufs de la RATP
Président de l'AFTES

L'association française des travaux en souterrain (AFTES) a été constituée à la suite des conclusions de la conférence consultative de l'OCDE sur la construction des tunnels, organisée en 1970 à Washington, et à laquelle participaient dix-neuf pays.

Devant l'accroissement de la demande mondiale en tunnels, cette conférence internationale avait en effet émis un certain nombre de recommandations tendant à promouvoir les travaux souterrains et, en premier lieu, avait souhaité que soit créé dans chaque pays un organisme central regroupant tous ceux qui s'intéressent au domaine des travaux souterrains.

Annoncée lors des journées de Lyon en octobre 1971, l'AFTES a été officiellement créée le 7 janvier 1972, en tant qu'association à but non lucratif régie par la loi de 1901.

L'AFTES a pour objet de faire progresser la connaissance en matière de travaux souterrains, dans tous les domaines scientifiques, techniques, juridiques et administratifs, économiques et sociaux, en vue de l'abaissement des prix et des délais d'exécution des ouvrages pour en faciliter le développement.

Elle regroupe les représentants des activités de toutes natures concernés par les travaux souterrains : maîtres d'ouvrages (Etat et Collectivités locales, Sociétés publiques ou privées), maîtres d'œuvre, ingénieurs-conseils, bureaux d'études, laboratoires, géologues, universitaires, entreprises de travaux souterrains, constructeurs de matériel ... Il faut souligner enfin que les travaux souterrains auxquels s'intéresse l'AFTES doivent être pris dans le sens le plus large : ils visent aussi bien les égoûts de grand diamètre, les galeries hydrauliques destinées à l'irrigation ou à l'énergie, les espaces souterrains et leur aménagements (parkings, usines, centres com-

merciaux, réservoirs de stockage), que les tunnels routiers, ferroviaires et métropolitains.

La réunion dans une même association de représentants de professions aussi diverses, publiques ou privées confondues, l'étude en commun des problèmes spécifiques se posant aux réalisateurs de travaux souterrains quel que soit leur objet, constituent le caractère très particulier de cette association.

Elle comporte, à parts sensiblement égales dans son conseil d'administration, composé d'une trentaine de membres (dont la RATP et la SOFRETU) nommés pour trois ans, des représentants des secteurs public et privé qui élisent en leur sein le bureau comprenant un président, trois vice-présidents, un secrétaire général, un trésorier.

Sous la présidence de M. Jacques Rérolle, Ingénieur général des ponts et chaussées, Président de section honoraire, et grâce au rôle éminent de celui-ci, l'AFTES a assuré très rapidement son rôle de trait d'union entre tous ceux qui se sentent concernés par les travaux souterrains (246 membres fin 1972). Dès cette époque, la presque totalité des grands organismes publics et les grandes entreprises françaises ont adhéré à cette association : les DDE, la SNCF, la RATP, la Ville de Paris, l'EDF, le Gaz de France, les Charbonnages de France, le CETU, le Cerchar, le BRGM, le LCPC, des bureaux d'études et laboratoires de recherches, les constructeurs et les fabricants de matériel, les entreprises de travaux publics et de travaux souterrains.

Depuis fin 1975, M. Lucien Lupiac, Directeur des travaux neufs à la Régie autonome des transports parisiens, et M. Jean Péra, Ingénieur en chef des Ponts et chaussées, Directeur du Centre d'études des tunnels du Ministère des transports, assument respectivement la présidence et le secrétariat général de l'AFTES qui compte actuellement 490 membres dont une cinquantaine d'étrangers ayant le titre de

correspondants. Le nombre de membres individuels est de 340, celui des membres collectifs est de 150.

L'AFTES fait partie de l'Association internationale des travaux en souterrain (AITES) qui a été fondée à Oslo en 1974 par une déclaration des représentants de quinze pays, puis enregistrée en février 1975 comme association internationale. Son secrétariat (Bron, France) reçut aussitôt les adhésions de vingt pays. Centre d'échanges, l'AITES fédère actuellement vingt-sept nations.

Le Secrétaire général de l'AITES est un Français, M. Pierre Duffaut, du BRGM qui a beaucoup contribué au resserrement des contacts AFTES-AITES.

L'AFTES s'est aussi préoccupée de diffuser l'information à ses membres. Elle édite, depuis 1974, une revue bimestrielle, "Tunnels et ouvrages souterrains" (TOS) qui, en plus des informations relatives à l'association, publie sous forme de recommandations les conclusions des groupes de travail, des études sur les ouvrages projetés ou réalisés, des nouvelles de chantier.

L'intérêt pour la revue est attesté par la demande à l'éditeur de plus de cinq cents abonnements directs.

A ce jour, seize recommandations ont été publiées ; sur quatre vingt quinze articles techniques, une quinzaine sont relatifs à des études ou à des réalisations de la RATP.

Dès sa création, l'AFTES a mis en place neuf groupes de travail réunissant des spécialistes dans chacun des domaines de recherches retenus par le comité technique. Actuellement présidé par M. Chambron (SNCF), ce comité technique coordonne de plus l'activité de cinq groupes supplémentaires créés pour accompagner les travaux des comités correspondants de l'AITES et pouvoir présenter au plan international le résultat des études effectuées en France.

Les sujets traités et le nom des diffé-

rents animateurs des groupes de travail sont les suivants :

GROUPE N° 1 :
Géologie et géotechnique,
animé par M. Panet (LCPC)

De nombreux ingénieurs du groupe appartiennent à la fois à l'AFTES, plus spécialement orientée vers les applications concrètes, et aux sociétés savantes qui consacrent leur activité à la Mécanique des sols, la Mécanique des roches, la Géologie de l'ingénieur.

Une recommandation relative à la description des massifs rocheux en vue du creusement marque l'achèvement momentané des travaux du groupe (TOS n° 28).

GROUPE N° 2 :
Constatations sur les ouvrages en construction et existants,
animé par M. Reith (CETU)

Ce groupe étudie et compare les méthodes en vigueur auprès des différents maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre pour tenter de dégager une méthodologie des constatations.

GROUPE N° 3 :
Creusement et découpage à l'explosif,
animé successivement par M. Duffaut (EDF), M. Bougard (RATP), puis par M. Bejui (entreprise Lefrançois).

Ce groupe étudie les orientations à donner à la réglementation française en vigueur, en liaison avec le groupe n° 12 "sécurité pendant les travaux".

Des recommandations concernant l'étude des effets sismiques de l'explosif ont été également établies (TOS n° 1).

GROUPE N° 4 :
Mécanisation de l'excavation,
animé par M. Bougard (RATP)

La modernisation des procédés de

construction des tunnels passe par la mécanisation de l'excavation. Les ouvrages réalisés par l'EDF et la RATP permettent de dégager des conclusions sur l'utilisation des machines foreuses à pleine section, des machines à attaque ponctuelle et des principaux problèmes liés à leur emploi.

Sous l'impulsion de M. Bougard, ce groupe a mené une étude sur la forabilité des roches à la molette et sur la caractérisation des roches sur échantillons, première partie d'un texte relatif aux mesures et essais effectués dans le cadre d'un chantier mécanisé (TOS n° 4).

Ce même groupe a étudié le coefficient d'actualisation et de disponibilité, l'indice de fiabilité des machines à forer à attaque ponctuelle (TOS n° 16).

Le procédé novateur du prédécoupage mécanique à la haveuse et ses applications à la RATP a fait l'objet de présentations détaillées (TOS n° 22, 23 et 24).

Un glossaire français-anglais-allemand des termes des machines à forer est prêt à être publié.

L'animateur du groupe a préparé, pour la prochaine réunion de l'AITES, une réponse française sur la question qui sera débattue dans le cadre du groupe international "Recherches", sur les derniers développements des boucliers et des techniques qui leur sont liées.

GROUPE N° 5 :

Marinage,

animé par M. Lefrançois, puis M. Lachaud (Entreprise Borie)

Problème plus spécialement réservé aux entreprises et aux constructeurs, le marinage constitue souvent un goulot d'étranglement dans l'organisation du chantier.

Le groupe a pour objectifs de fournir aux entreprises des informations concrètes leur permettant de concevoir l'organisation du chantier et de

disposer des éléments nécessaires pour le choix du matériel.

GROUPE N° 6 :

Béton projeté,

animé par M. Louis (Simecsol)

Le développement récent de la technique du béton projeté conduisait naturellement à approfondir les conditions de sa mise en œuvre.

Des recommandations sur l'emploi du béton projeté dans les travaux souterrains (TOS n° 1) cherchent à apporter au maître d'œuvre une contribution favorisant l'application de cette technique génératrice d'économies dans certaines conditions d'emploi.

Quatre recommandations sur :

- la technologie du boulonnage (TOS n° 6) ;
 - l'utilisation de cintres associés au béton projeté (TOS n° 27) ;
 - une présentation de la méthode de construction des tunnels avec soutènement immédiat par béton projeté et boulonnage (TOS n° 31) ;
 - les conditions d'emploi du boulonnage (TOS n° 31)
- ont été établies en liaison avec le groupe n° 7 "Soutènement et revêtement, animé par M. Gesta (SGE).

GROUPE N° 7 :

Soutènement et revêtement,

animé par M. Gesta (SGE)

Après avoir abordé les problèmes pratiques liés au choix du soutènement, (une recommandation sur le choix du type de soutènement en galerie a été diffusée dans le n° 1 de TOS), l'activité du groupe s'est orientée vers l'aspect théorique de la définition et du calcul du revêtement. Des réflexions sur les méthodes usuelles de calcul du revêtement des souterrains (TOS n° 14) donnèrent lieu à un débat au cours des journées d'études sur les travaux souterrains en site urbain organisées à Paris par l'AFTES les 9, 10 et 11 mai 1977, puis à la journée d'étude du 26 octobre 1978 dont le compte-rendu paraîtra dans le

n° 32 de TOS.

Actuellement ce groupe a pour mission de suivre les travaux de l'AITES sur "les modèles de dimensionnement des tunnels".

GROUPE N° 8 :

Traitement des terrains,

animé par M. Janin (Solétanche)

Avec la publication dans le n° 10 de TOS d'une recommandation concernant les travaux d'injection, qui a donné lieu à un débat au cours des journées d'études de mai 1977, ce groupe a momentanément atteint les objectifs qu'il s'était fixé.

GROUPE N° 9 :

Étanchéité,

animé par M. Reith (CETU)

L'étanchéité des tunnels a une importance variable selon leur utilisation ; celle des tunnels affectés aux transports est fondamentale pour leur exploitation et leur pérennité.

Après une nomenclature des produits d'étanchéité, (TOS n° 9), le groupe a préparé un texte très complet sur l'étanchéité des ouvrages souterrains et sur les joints, ce texte est en cours de discussion.

GROUPE N° 10 :

Aménagement du sous-sol urbain,

animé par M. Dussart (Ville de Paris)

Ce groupe a été créé en 1975 à la suite de l'inscription de l'urbanisme souterrain dans les travaux des comités de l'AITES.

Un rapport général très complet a fait l'objet de débats au cours des journées de mai 1977, puis de publications sur les thèmes suivants :

- utilisation du sous-sol du domaine public pour la desserte des immeubles, par M. Liautaud (Ville de Nice) (TOS n° 22) ;
- utilisation du sous-sol urbain pour l'extension des villes, par M. Sertour

(EPAD) (TOS n° 23) ;

- utilisation du sous-sol urbain pour l'aménagement des transports en commun en site propre, par M. Godard (RATP) (TOS n° 24).

GROUPE N° 11 :

Standardisation,
animé par M. Plichon (EDF)

Ce nouveau groupe prépare les travaux devant être traités par le comité de l'AITES, également animé par M. Plichon.

Des questionnaires sur :

- l'évaluation des avantages économiques de la standardisation des sections de tunnels ;
 - la normalisation existante ;
 - une enquête sur les diamètres des machines foreuses pleine section et des boucliers circulaires ;
- ont été diffusés aux différents pays.

Un thésaurus de mots clés français-anglais pour souterrains vient d'être publié.

GROUPE N° 12 :

Sécurité pendant les travaux,
animé par M. Baudu (OPPBTB)

Un projet de recommandations concernant la sécurité relative à la circulation en souterrain est actuellement en cours d'examen.

Un projet de codification de la signalisation en souterrain destiné à être mis en application au niveau international a été examiné par le groupe avant d'être transmis pour avis au Ministère du travail.

GROUPE N° 13 :

Partage contractuel des risques,
animé par M. Le Sciellour (Solétanche)

Après avoir examiné le projet de quatre recommandations préparées à Tokyo par le groupe international correspondant, le groupe français procède à l'étude des conditions contractuelles à introduire dans les marchés

en ce qui concerne le partage des risques.

GROUPE N° 14 :

Entretien et réparation des tunnels,
animé par M. Péra (CETU)

Ce groupe a été créé, sur proposition du comité technique, pour répondre à des besoins particuliers de notre temps et travailler en liaison avec un programme établi par l'AITES. Une participation importante a été demandée à la direction des services techniques de la RATP sur ce sujet.

L'AFTES s'attache, par ailleurs, à organiser des journées d'études, telles celles qui se sont déroulées à Lyon en octobre 1971, à Nice en octobre 1974, à Paris sur les métros en mai 1977, et qui ont groupé de très nombreux participants français et étrangers.

Après les manifestations internationales de Stockholm en 1977, Tokyo en 1978 et Atlanta en 1979, Bruxelles en 1980, l'AFTES prépare déjà, conjointement avec l'AITES, le symposium international prévu en France en 1981.

Des visites de chantiers clôturent ces manifestations. Ainsi, en 1977, les visites des chantiers des prolongements des lignes 7 (au Nord) et 10 du métro, de la ligne B du RER (ex-ligne de Sceaux) à Châtelet-Les Halles, de l'ouvrage commun RATP-SNCF Gare de Lyon, de la gare du RER de Châtelet-Les Halles et de rénovation du quartier des Halles, étaient proposées aux congressistes.

Par ses activités, l'AFTES multiplie les contacts sur les plans national et international et aide ainsi à faire connaître et à promouvoir les travaux souterrains. Cette action est nécessaire dans une période de réduction des grands programmes de travaux publics. Elle cherche à mettre en valeur les avantages qui s'attachent à l'utilisation du sous-sol, en particulier dans le domaine des nuisances et de la protection de l'environnement.



LE PROLONGEMENT DE LA LIGNE 7 AU NORD

par Pierre Bayart,
Ingénieur chef de division,

et Pierre François,
Ingénieur en chef adjoint,
chef du Service des travaux souterrains 2,
à la Direction des travaux neufs de la RATP.

A peu de temps de la mise en service du prolongement de la ligne 7 à Fort d'Aubervilliers, il nous a paru intéressant de proposer à nos lecteurs cet article déjà paru dans le numéro de mai 1979 de la revue "Travaux" et qui présente les travaux de construction de ce prolongement.

Exposé du projet

Généralités

L'idée de prolonger la ligne 7 dans la banlieue Nord-Est est très ancienne et l'examen systématique des possibilités d'extension du métro dans le département de la Seine-Saint-Denis (proche couronne autour de Paris) a permis de cerner les principaux éléments à considérer.

Une analyse des données essentielles de ce problème (urbanisation actuelle et évolution prévisible, infrastructures de transport existantes et prévues, flux de transport et carences de desserte) fait apparaître les principaux buts à atteindre. Cette analyse a montré que le secteur central du département s'étendant entre la nationale 301 et l'autoroute A 3, était à la fois celui où l'extension du métro apparaissait la plus urgente et celui où le choix à faire concernant cette opération commanderait ceux à faire dans les secteurs encadrants.

Dans ce secteur central, l'objectif prioritaire qui s'est rapidement dégagé concerne la desserte de l'axe de la nationale 2, une des plus chargées du département.

Avantages à attendre et rentabilité de l'opération

Cette opération, qui apparaît comme très intéressante pour la collectivité, donnera, à près de 80 000 habitants des communes denses de la proche banlieue Nord-Est (Pantin, Aubervilliers et La Courneuve),

un accès direct et rapide au pôle des gares du Nord et de l'Est, où ils disposeront d'excellents moyens de diffusion dans Paris, ainsi qu'à celui de l'Opéra. Elle permettra aussi d'atteindre commodément plus de 25 000 emplois situés dans la zone d'influence directe du prolongement du métro. Elle améliorera également les conditions de pénétration et de diffusion dans Paris des nombreux voyageurs venant des banlieues plus lointaines.

La zone desservie (figure 1) concerne le secteur de 10 km compris entre :

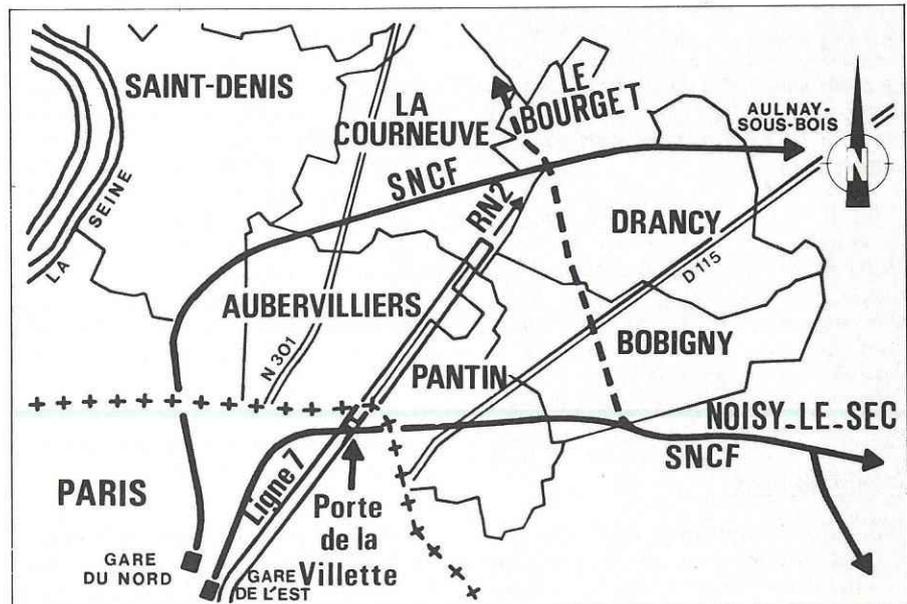
- au Nord, la ligne S.N.C.F. de Paris-Nord/Aulnay-sous-Bois,
- à l'Est, la ligne S.N.C.F. de grande ceinture dans sa section comprise entre le Bourget et Noisy-le-Sec, qui serait incorporée dans le projet de rocade Aéroport de Roissy/Nogent-Le Perreux (et Marne-la-Vallée),
- au Sud, la ligne S.N.C.F. de Paris-Est/Noisy-le-Sec, puis la départementale 115,
- à l'Ouest, la RN 301.

La population, qui s'élevait à 111 500 personnes au 1er janvier 1974, devrait atteindre le chiffre de 130 000 en 1985. Les emplois, qui sont actuellement au nombre de 48 000, devraient se stabiliser au voisinage de 50 000 à l'horizon 1985.

Le coût de l'avant-projet a été chiffré, pour une longueur approximative de 3 350 m, à 310 millions de francs (hors TVA, frais généraux inclus), aux conditions économiques de juillet 1974 (soit environ 435 millions de francs en 1978, date moyenne d'exécution).

Le schéma de principe a été approuvé par le Syndicat des transports parisiens en juin 1975, et la déclaration d'utilité publique, demandée à la même époque, a été obtenue en mars 1976.

Fig. 1 : Plan de situation.



Caractéristiques principales du tracé

Le projet de prolongement de la ligne 7 du métro s'étend depuis l'arrière-gare de la station "Porte de la Villette" jusqu'à l'extrémité du cul-de-sac de la station "Quatre Routes" à la Courneuve. La longueur totale est d'environ 3,3 km.

Au départ, la configuration des ouvrages est conditionnée par la disposition en boucle de l'actuel terminus "Porte de la Villette", situé partiellement sous les voies des lignes S.N.C.F. du réseau Est et par la présence d'un embranchement reliant au réseau du métro les ateliers des services de la voie situés à proximité du terminus. Ces particularités conduisent à débrancher les deux voies du prolongement en deux points différents de la boucle, et à prévoir en conséquence, pour le début du prolongement, des tunnels séparés à voie unique se rejoignant dès que possible en un tunnel classique à voie double (figure 2).

Dès son origine, la voie 1 (direction Paris) s'enfonce pour passer sous les ouvrages existants de la boucle du terminus, puis remonte en rampe maximale (40%) pour venir s'établir à la profondeur la plus faible possible compte tenu des différents concessionnaires souterrains ; en plan, le tracé, incliné au départ par rapport à l'axe de la RN 2, revient vers ce dernier par une courbe de 180 m de rayon environ à l'aplomb du boulevard périphérique en viaduc dans cette zone. De son côté, la voie 2 (direction banlieue) s'oriente immédiatement dans l'axe de la RN 2, puis après avoir franchi la ligne de la Plaine Saint-Denis à Pantin, rejoint le tunnel de la voie 1 dans un ouvrage spécial implanté sous le boulevard périphérique.

Restant à environ 10 m sous le niveau du sol, le tunnel à voie double suit ensuite la RN 2 jusqu'au carrefour des Quatre Chemins où est située la première station du prolongement juste au Nord du croisement. Ce tracé est compatible avec la création d'un passage dénivelé pour voitures dans l'axe de la RN 2 dont la réalisation a été confiée à la RATP par la Direction départementale de l'équipement (DDE) de la Seine-Saint-Denis.

Poursuivant vers le Nord, tout en remontant à faible profondeur, le tracé s'infléchit pour s'établir latéralement à la voirie (côté Est), en profitant d'un léger relèvement lo-

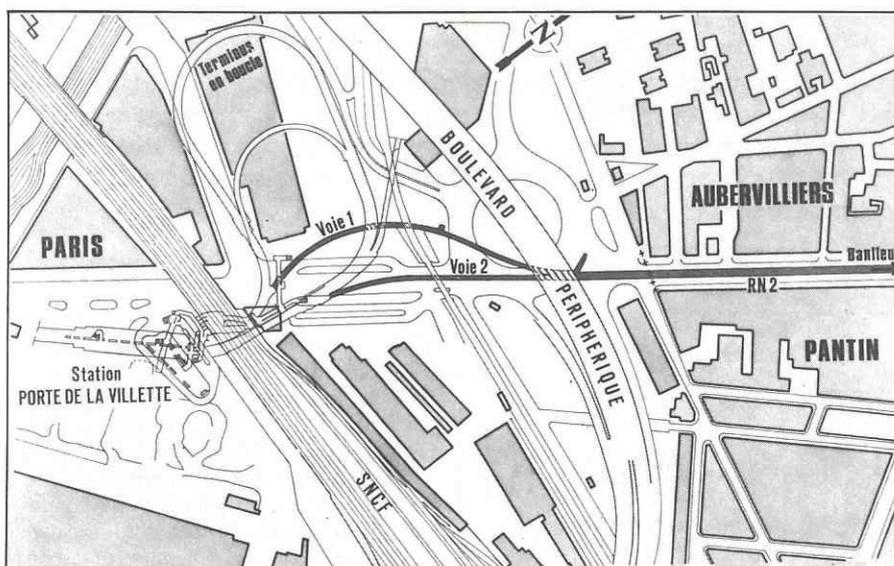


Fig. 2 : Débranchement sur l'ancienne boucle terminale.

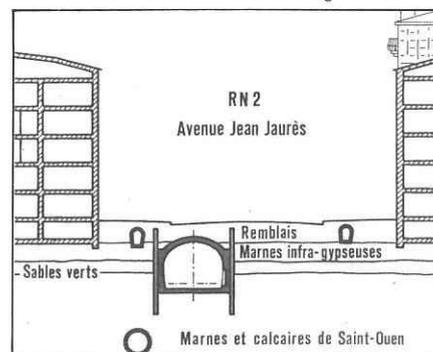
cal du niveau du sol pour franchir par-dessus l'important ouvrage d'assainissement dit de "Pantin-La Briche" (figure 3) atteint ainsi la station "Fort d'Aubervilliers" implantée dans l'angle Sud de la rue de la Division-Leclerc et de la RN 2. Cette disposition permet de construire des ouvrages hors voiries à faible profondeur et laisse toute latitude pour réaliser éventuellement un ouvrage routier dans l'axe de la RN 2 en dénivelée sous l'avenue de la Division-Leclerc (figure 4).

La ligne s'incurve ensuite vers l'Ouest pour revenir sous la chaussée de la RN 2 et atteindre enfin la station "Quatre Routes" dont la position définitive entre la rue des Prévoyants et la place du 8 Mai 1945 ne sera arrêtée que lorsque sera connu avec précision le tracé retenu dans ce secteur pour l'autoroute A 86. Au-delà de cette station terminus est prévue une arrière-gare d'environ 250 m de long, permettant le retournement des trains et le garage de certains d'entre eux.

Le projet prend fin à 200 m au plus, et au-delà de la place du 8 Mai 1945.

Hormis les ouvrages exceptionnels des 500 premiers mètres de la voie 1, les courbes ont un rayon minimal de 250 m et les rampes sont au plus de 10‰.

Ci-dessous Fig. 3 : Position du tunnel sous la chaussée de la RN 2.
En bas Fig. 4 : Chantier de la station "Fort d'Aubervilliers" le long de la RN 2.



Exécution des travaux de génie civil

Le découpage en trois sections a été essentiellement conditionné par les approbations administratives de l'avant-projet et les possibilités de financement des travaux.

La déclaration d'utilité publique a été obtenue pour l'ensemble du projet avec toutefois une réserve quant à la position de la station "Quatre Routes" (voir plus haut).

Bien que la RATP ait prévu une mise en service simultanée des deux premières sections pour la fin 1979, les travaux sur la section "Porte de la Villette" - Quatre Chemins ont dû être engagés 18 mois avant ceux de la seconde section en raison de la complexité des ouvrages à réaliser au débouché des voies sur la boucle de retournement "Villette" et au carrefour très encombré des "Quatre Chemins" pour y construire la station du même nom.

En fait, les travaux préparatoires ont été engagés dès la fin de l'été 1975 en raison du plan de relance décidé par le Gouvernement et ceux de la seconde section au début de 1977.

Ceux de la troisième section "Fort d'Aubervilliers - Quatre Routes" ne sont pas prévus dans l'immédiat.

Travaux préparatoires

Les sondages de reconnaissance du sol et les relevés piézométriques ont été effectués dans les années 1974 et 1975. Ils ont permis de définir la nature géologique et les caractéristiques géotechniques des terrains rencontrés. Sur la presque totalité du tracé, les terrains comprennent successivement de haut en bas depuis le niveau du sol :

- des remblais de 2 m de hauteur moyenne,
- des marnes infragypseuses de 6 m d'épaisseur moyenne, renfermant des inclusions de calcaire et de gypse,
- des sables verts de Monceau, d'environ 2 m d'épaisseur,
- des marnes et calcaires de Saint-Ouen d'environ 10 m d'épaisseur.

En couches profondes, ont été rencontrés des sables et grès de Beauchamp,

des marnes et caillasses, et enfin du calcaire grossier dont l'horizon se situe à environ 70 m de profondeur.

Des vides non négligeables ont été trouvés dans les sondages effectués entre "Aubervilliers-Pantin-Quatre chemins" et "Quatre Routes", à une profondeur moyenne de 50 m. Ils proviennent de la dissolution du gypse par les circulations d'eau dans la formation des marnes et caillasses. Après avoir pris l'avis de ses conseils, la RATP a jugé nécessaire de prévoir la confortation de cet horizon par remplissage systématique des vides avant construction des structures, et pour cela, a pratiqué des essais d'injections de coulis dans des forages. Ponctuellement, il a pu être mis en place plusieurs dizaines de mètres cubes de coulis ciment-cendres volantes, surtout vers 45 m de profondeur.

En complément de ces reconnaissances classiques, deux puits et deux galeries d'essais, disposés sur le tracé du souterrain de la voie 1, ont été exécutés pendant le dernier trimestre 1975 afin de mieux préciser les caractéristiques mécaniques des différentes formations géologiques. Ces puits ont été descendus à l'emplacement d'ouvrages annexes prévus dans le projet au rond-point de la Porte de la Villette. Ils ont pu être visités par les entrepreneurs mis en concurrence pour l'attribution du lot constitué par la première section, qui ont ainsi eu la possibilité de voir le terrain "in situ" et son évolution après découverte (figure 5).

Il a été exécuté sur les calcaires de Saint-Ouen et les marnes infragypseuses des essais de chargement vertical et horizontal sur plaques de 0,75 m de diamètre logées dans la masse du terrain avec mise en place de cales dynamométriques, pouvant absorber 25 tonnes, sous les appuis de cadres posés en galerie.

Description des ouvrages

Description du lot 1 : section "Porte de la Villette - Aubervilliers - Pantin - Quatre chemins"

L'appel à la concurrence lancé le 6 novembre 1975 auprès de douze groupements d'entreprise a permis à la RATP de



RATP - Travaux neufs

Fig. 5 : Puits de reconnaissance (équipé ultérieurement pour le relevage des eaux).

retenir le groupement Sainrapt et Brice - Lefrançois. Les travaux ont débuté le 1er mars 1976 côté Paris (avenue Corentin-Cariou) et se sont étendus ensuite progressivement côté banlieue. Ils dureront en principe vingt-sept mois avec des occupations de chantier destinées à réduire, dans toute la mesure du possible, les perturbations de circulation dans la zone traversée.

Les ouvrages à construire ont été groupés en six zones brièvement décrites ci-après (figure 6) :

ZONE I : nouvelle gare routière "Porte de la Villette" et modification des accès et des quais de l'actuelle station terminus.

ZONE II : ouvrages de débanchement sur la boucle du terminus actuel (exécution à ciel ouvert au droit de l'ancienne gare routière en deux phases, de façon à maintenir la circulation des autobus.

ZONE III : souterrain et tunnel à voie unique avenue de la Porte de la Villette (voie 1 en souterrain et voie 2 à ciel ouvert).

ZONE IV : ouvrage spécial de raccordement entre les deux ouvrages à voie unique et tunnel à deux voies au droit de la traversée du boulevard périphérique.

ZONE V : tunnel courant voûté à deux voies sous le centre de la RN 2 (avenue Jean-Jaurès).

ZONE VI : station "Aubervilliers-Pantin-Quatre chemins" et accès de part et d'autre du carrefour.

Deux ouvrages annexes (époussetement et ventilation) sont également prévus dans les zones III et IV respectivement.

Enfin, deux ouvrages particuliers ont été

Fig. 6 : Plan schématique du lot 1 montrant les zones.

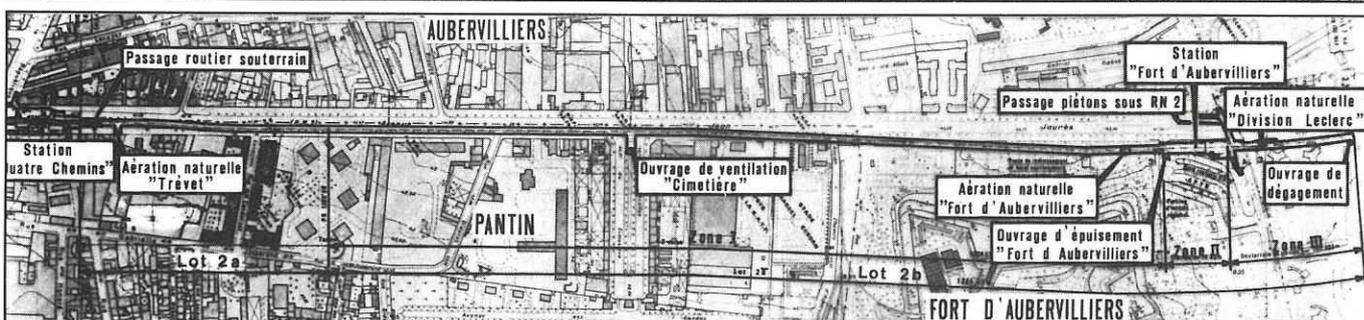
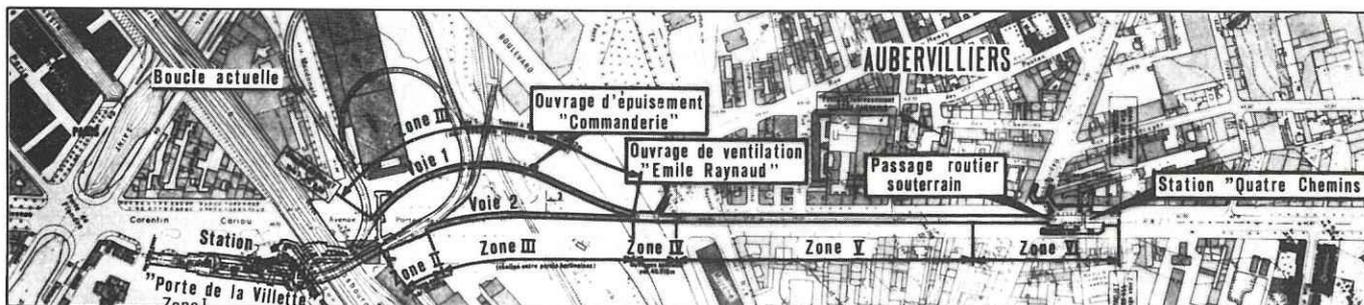


Fig. 7 : Plan schématique du lot 2 montrant les zones.

construits dans le cadre de la première phase de prolongement pour d'autres organismes publics. Il s'agit :

- d'une amorce de couloir située sous la future gare routière de la Porte de la Villette exécutée pour le compte de la Société d'économie mixte de Paris-Villette (S E M V I) dans le cadre du réaménagement des terrains des anciens abattoirs ;
- du passage routier souterrain implanté dans l'axe de la RN 2 et franchissant le carrefour "Quatre Chemins". Il a été réalisé pour le compte du Ministère de l'équipement et se trouve intimement imbriqué dans la structure des ouvrages ferroviaires.

Description du lot 2 : section "Aubervilliers - Pantin - Quatre chemins - Fort d'Aubervilliers"

L'appel à la concurrence lancé le 29 novembre 1976 auprès de quatorze groupements ou entreprises isolées a permis à la RATP de retenir l'offre de l'Européenne d'entreprise. Toutefois, en raison d'impératifs de planning et de phasages de circulation découlant du programme d'exécution du tunnel routier au carrefour des "Quatre Chemins", il a été décidé, en accord avec l'Équipement, de faire exécuter les 300 premiers mètres du tunnel d'interstation par le groupement titulaire du lot 1, dans le cadre d'un avenant à son

marché. Cette procédure a permis de terminer en quatre mois, et en même temps que la partie centrale de la station "Aubervilliers-Pantin-Quatre Chemins" les 120 m situés au début du lot 2 de façon à libérer au plus tôt l'emprise de la rampe d'accès au tunnel routier.

Cette section comprend donc (figure 7) :

- le lot 2a, 300 m de tunnel courant à deux voies (décrivant un S pour passer du centre de l'avenue Jean-Jaurès au bas côté Est).
- le lot 2b, subdivisé lui-même en quatre zones :

ZONE I : partie restante du tunnel d'interstation (ouvrage voûté de section constante sur 1 027 m).

ZONE II : station "Fort d'Aubervilliers" et ses accès (prévus uniquement côté banlieue).

ZONE III : tunnel d'arrière-gare sur 157 m (partiellement surmonté de locaux techniques) qui doit servir provisoirement au retournement des trains.

ZONE IV : gare routière "Fort d'Aubervilliers" construite au Sud-Est de la station sur les anciens terrains militaires.

Divers ouvrages annexes sont prévus le long du tunnel : un puits d'aération sur le lot 2a, un ouvrage de ventilation mécanique sur le lot 2b, deux baies d'aération naturelle encadrant la station, un ouvrage de dégagement en bout de ligne et un ouvrage d'épuisement au point bas situé à l'entrée de la station.

Tout le lot 2 sera construit à ciel ouvert en seize mois, la seule partie en contrainte sérieuse étant l'origine du chantier (partie liée au lot 1) qu'il a fallu scinder en trois tronçons d'environ 100 m de longueur avec basculement de la chaussée lors de chaque phase devant durer au plus quatre mois entre la mise à disposition de l'emprise et la fin du remblaiement.

Le reste du lot, presque totalement situé hors chaussée, peut être fait à l'avancement, la seule sujétion importante étant d'assurer la permanence du débouché sur la RN 2 des rues venant de Pantin et devant franchir le chantier.

Injections préalables de consolidation du terrain

Ainsi qu'exposé plus haut, il a été décidé de remplir les vides provoqués sous l'ouvrage par la dissolution de lentilles de gypse incluses dans les marnes et caillasses. Afin de réduire la longueur des forages traversant les terrains superficiels, mais aussi les nuisances qu'aurait apportées un chantier installé sur la chaussée, placer cette opération entre le terrassement et la construction des structures était la meilleure solution. Dans ce but, une période d'un mois a été neutralisée, zone par zone, dans les plannings de gros œuvre.

Le marché correspondant a été attribué, après mise en concurrence, au groupement constitué par les entreprises Intrafor-Cofor et Sif Bachy qui, à la même époque, réalisait un travail similaire sur le site de la future gare souterraine RER de Paris-Nord.

Ce travail consiste (figure 8) :

- à faire une reconnaissance détaillée du sous-sol douteux par un maillage de forages en enregistrant en continu les paramètres de l'avancement : vitesse, pression de l'outil, volume d'eau utilisé, etc... de façon à mettre en évidence les vides francs, les zones décomprimées et celles remaniées ; les forages sont systématiquement tubés (en tube plein dans le terrain supérieur trouvé sain et en tube spécial perforé dans

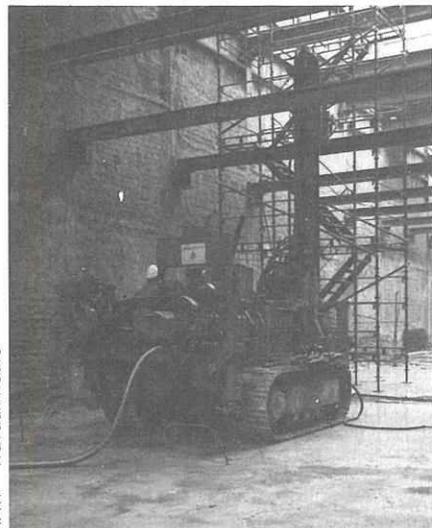


Fig. 8 : Forages en fond de fouille pour recherche des vides.

la zone inférieure à traiter) pour être utilisés lors du remplissage ;

- à remplir les vides trouvés par un coulis à base de ciment et de charge (sable fin, cendre, etc.) ; notons que, toute pression étant inutile et pouvant même être nuisible, il s'agit simplement de réaliser un écoulement par gravité dans le tube planté en terre, la pression au départ ne servant qu'à faire circuler le coulis entre la centrale de préparation et le point d'injection.

La zone effectivement traitée s'est étendue de l'avant-station "Quatre Chemins" à l'extrémité du cul-de-sac "Fort d'Aubervilliers", soit sur 1 700 m environ. Les points d'injections espacés d'une dizaine de mètres étaient disposés en quinconce, en station sur trois lignes, et en tunnel sur deux lignes. Au total, il a été effectué environ 250 forages et injecté plus de 4 000 ton-

nes de ciment, 1 600 m³ de sable et 3 000 tonnes de cendres volantes pour environ 9 millions de francs hors T V A.

Dans certaines zones, afin de réduire la dispersion de coulis, a été mis en œuvre un produit gonflant obtenu par réaction de la lessive de soude sur l'aluminium en poudre dont 10 tonnes ont été utilisées, surtout côté Paris où l'emploi de cendres volantes était difficile en raison de la proximité des immeubles.

En moyenne a été mis en place un volume de coulis de l'ordre de 60 m³ par forage, soit 8 m³ par mètre de tunnel, par deux centrales fixes implantées sur le tracé pendant neuf mois (août 1977 à mai 1978).

Conception des travaux Phasage des chantiers Aménagements locaux préliminaires

La presque totalité des ouvrages est réalisée à ciel ouvert, à l'exception de 313 m de souterrain à voie unique (zone III du lot 1) traités selon les méthodes habituelles des travaux souterrains, en raison de leur profil en long assez profond imposé par le passage sous des ouvrages existants (figure 9).

La construction à ciel ouvert a nécessité une étude poussée des méthodes d'exécution qui devaient rester compatibles avec les contraintes de l'exploitation du terminus autobus, du retournement des trains dans la boucle terminale et surtout de la circulation routière qui est particulièrement dense dans l'avenue de la Porte de la Villette et l'avenue Jean-Jaurès (RN 2). Cette voie supporte un trafic de transit comportant une très forte proportion de poids lourds et dessert en outre à Pantin et

Fig. 9 : Passage de la voie 1 sous les ouvrages existants.

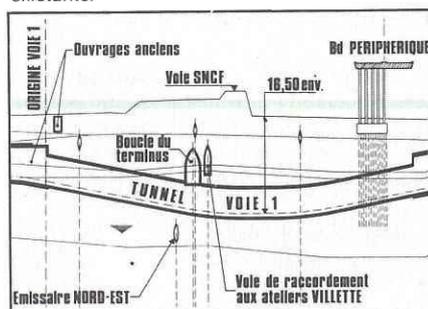


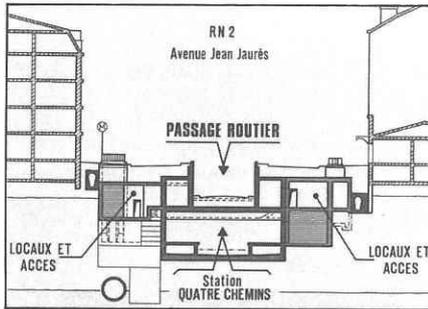
Fig. 10 : Chantier établi dans l'axe de la RN 2.

Aubervilliers de nombreux commerces, entrepôts et ateliers. Sur la longueur des chantiers existent trois grands carrefours (avec le boulevard périphérique, avec le CD 20 aux Quatre Chemins et avec le CD 27 au Fort d'Aubervilliers) où une part notable des véhicules tourne à gauche et qu'il ne peut être question de neutraliser (figure 10).

La libération des emprises nécessaires aux travaux a été rendue possible grâce :

- à l'exécution en deux phases successives de l'ouvrage de départ de la voie 2, ce qui a permis d'assurer un accès suffisant, tant pour les piétons que pour les autobus, à l'ancienne gare routière "départ" ;
- au transfert partiel, après treize mois, de la gare routière sur les terrains appartenant à la S E M V I, ce qui imposa la construction de la zone I du lot 1 en priorité ;
- à un élargissement de la RN 2 afin de conserver une circulation effective sur deux files dans chaque sens : sur le lot 1, l'emprise est centrée sur l'axe de l'avenue et sert également à la construction du tunnel routier des "Quatre Chemins", sur le lot 2, l'emprise est établie latéralement, partie sur chaussée et partie au trottoir côté Pantin, grâce au rescindement du trottoir côté Aubervilliers, l'élargissement de la chaussée, réalisée par les Services de l'équipement, l'a été en majeure partie à titre définitif car son maintien est exigé par la présence des trémières de sortie du tunnel routier et l'aménagement d'une bande de stationnement côté Aubervilliers.
- à l'exécution en deux phases de la station "Aubervilliers - Pantin - Quatre chemins" dont les ouvrages occupent pratiquement toute la largeur comprise entre les façades de la RN 2 : d'abord la "boîte centrale" (quais et voies ferrées et tunnel

Fig. 11 : Coupe transversale de la station "Aubervilliers - Pantin - Quatre Chemins" et de ses accès.



routier), ensuite les deux blocs d'accès latéraux, une fois la circulation reportée au centre de l'avenue (figure 11) ;

- à la mise sur platelages des chaussées des CD 20 et 27 traversant le chantier ; ces platelages étaient très larges de façon à être neutralisés par bandes lors de la construction des ouvrages prévus entre le tunnel ferroviaire et la chaussée (tunnel routier à "Quatre Chemins" et passage piéton "Division-Leclerc" en face du Fort d'Aubervilliers) (figures 12 et 13) ;
- à l'exécution en trois phases du lot 2a (dont le tracé décrit un S allongé pour passer du centre de la chaussée au bas-côté Est) de façon à laisser ouverte en permanence la chaussée de 6 m assurant le trafic "Province-Paris".

L'ouverture des fouilles n'a pu être entreprise dans certaines sections particulières qu'après achèvement d'impor-

Fig. 12 : Platelages sous le CD 20 (carrefour des Quatre chemins).

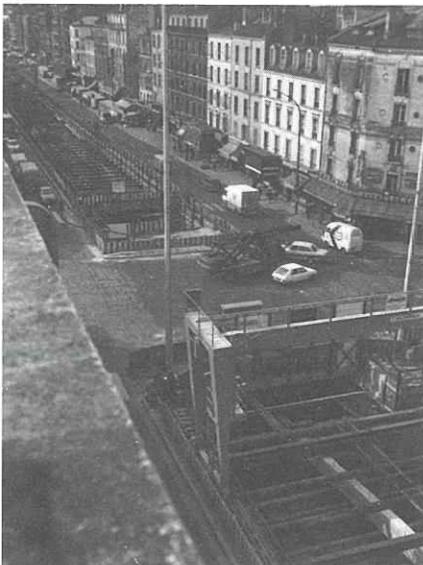


Fig. 13 : Platelages sous le CD 27 (carrefour de la Division-Leclerc).



tants travaux préliminaires de déviation ou de renforcement de réseaux qui ont été exécutés sous le contrôle de la D D E pendant l'été 1976 sur le lot 1 et au printemps 1977 sur le lot 2.

Il était naturellement de l'intérêt de la RATP de minimiser ces onéreux travaux préparatoires en prévoyant des méthodes d'exécution telles que l'on puisse maintenir en place et en service des canalisations incluses dans la fouille, à condition toutefois qu'elles soient hors du gabarit du tunnel et dans un état permettant leur découverte et leur soutènement.

Ce fut systématiquement le cas des caniveaux multitubulaires P.T.T. (dont les délais de déviation étaient d'ailleurs largement incompatibles avec le planning de l'opération). Les blocs courants ont été suspendus aux butons de la fouille ou à des profilés enjambant celle-ci. Les chambres, pesant plusieurs tonnes, ont été supportées par des planchers en poutrelles glissés sous elle (figure 14).

Ce fut également le cas des conduites de gaz récentes en acier et des conduites d'eau qui furent mises sous fourreaux si leur état le permettait.

Les égouts passant au-dessus du tunnel furent localement remplacés par des buses autoportantes. Les câbles électriques ou téléphoniques furent simplement suspendus dans des coffrages de protection.

Cette réserve étant faite, l'état ci-dessous, bien qu'incomplet, donne une idée des plus importants travaux préliminaires effectués sur les réseaux :

- avenue de la Porte de la Villette, détournement provisoire d'un égout devant passer en bache sur l'origine de la voie 2 ;
- rond-point de la Porte de la Villette, déviation d'une conduite gaz Ø 600 et remplacement d'une conduite fonte Ø 700 ancienne par une conduite acier Ø 400 ;
- à l'origine de la RN 2, report sous trottoirs réduits des canalisations posées auparavant sous les nouvelles chaussées latérales ;
- au carrefour des "Quatre Chemins", écrêtement et renforcement de la galerie d'eau située sous le tunnel et remplacement des canalisations supérieures (égout, air comprimé, eau et gaz) dans le but de les loger sous fourreaux ou bâches dans la dalle séparant le tunnel ferroviaire du passage routier ;
- au droit de la station "Aubervilliers - Pantin - Quatre Chemins", report contre les façades des deux égouts latéraux et de diverses conduites de façon à libérer l'emplacement des accès projetés ;
- face au débouché de la rue Trévet, libération de l'emplacement nécessaire à la construction de l'ouvrage d'aération, ripage de l'égout côté chaussée et ripage des câbles et conduites côté immeubles ;
- sur la seconde interstation, côté trottoir pair, construction de nouvelles cheminées d'accès au collecteur "Pantin - La Briche" plus près des façades de façon à dégager l'emplacement du tunnel ;
- sur 350 m de long, entre les n° 167 et 199 de l'avenue Jean-Jaurès, déplacement d'un câble E.D.F. 63 000 volts qu'il était impossible de conserver au-dessus de la fouille ;
- avenue de la Division-Leclerc, abandon de 25 m d'égout et construction d'un exutoire profond direct sur le "Pantin - La Briche".
- et enfin, au carrefour de la RN 2 et du CD 27 où le profil en long impose la construc-

Fig. 14 : Maintien dans la fouille d'une canalisation multitubulaire P.T.T.



tion d'accès et de locaux techniques très peu enterrés, remaniement complet des réseaux qui, après pose à neuf sous fourreaux, ont été, soit enrobés dans la dalle de couverture, soit placés dans des caniveaux réservés dans celle-ci (2 conduites de gaz, 1 conduite d'eau, 1 câble électrique, 1 câble téléphonique).

Méthode d'exécution en souterrain

Comme indiqué plus haut dans l'exposé général, la voie 1 (direction "Paris") s'enfonce dès son débranchement situé peu avant l'entrée de la station "Porte de la Villette" pour passer sous les ouvrages existants (boucle terminale à trois voies du terminus et voie d'accès aux ateliers) et remonte ensuite en rampe de 40% vers l'ouvrage de convergence avec la voie 2 (direction "banlieue") situé sous le viaduc du boulevard périphérique, en passant entre-temps sous le remblai de la ligne S.N.C.F. "Pantin - La Plaine-Saint-Denis".

Le niveau assez bas du radier, la bonne qualité des terrains recouvrant immédiatement le niveau de la future voûte et l'encombement de la surface (divers immeubles, voies S.N.C.F., rond-point de la Porte de la Villette) ont naturellement conduit la RATP à prévoir en souterrain la construction de l'ouvrage à partir d'un puits situé au point bas du profil. Ce puits, descendu dans le cadre des travaux de reconnaissance, sera ensuite conservé et aménagé en ouvrage de relevage des eaux d'infiltration.

Le terrain est en général en bonne tenue, marno-calcaire et sec. Des accumulations d'eau ont toutefois été trouvées dans les

parties basses des passages de sables verts.

La faible longueur à exécuter et l'absence de réelles difficultés à l'abattage (sol très cohérent, mais sans bancs durs importants) faisaient qu'il n'était pas intéressant de mécaniser le terrassement. Celui-ci, exécuté sans problèmes, en général à deux postes, conduit à un avancement moyen de l'ordre du mètre par jour (figure 15). Des planches métalliques nervurées, appuyées sur des cintres profilés en H espacés de 1,60 m, assurent le blindage en ciel. En zone courante, les cintres sont démontés et récupérés avant bétonnage de l'anneau. Celui-ci se fait par travées de 1,60 m à l'aide de deux coffrages métalliques (en principe un anneau tous les deux jours). Il faut signaler que les voûtes comportent de larges "oreilles latérales" de façon à pouvoir terrasser sans risques, et sans étaitements ni blindages particuliers, des plots de piédroits assez importants. Ces derniers sont exécutés de la façon habituelle (plots alternés) après que le stross ait été terrassé mécaniquement sur une grande longueur. Reste ensuite à couler le radier qui bloque la base des piédroits (figure 16).

Le seul point délicat était le passage immédiatement sous le radier des deux tunnels datant d'environ soixante ans. Initialement, il était prévu de conforter sérieusement ces ouvrages en les mettant systématiquement sur cintres et portiques capables de reprendre théoriquement tous les efforts existants. On aurait ainsi pu construire le tunnel inférieur par la même méthode qu'en partie courante (anneaux de 1,60 m bétonnés en une seule phase) en se bornant à prendre des précautions particulières : abandon des cintres, bétonnage suivant le terrassement de très près,

piédroits exécutés par petits plots, etc. Mais, le relevé précis en tunnel des intrados et des voies a montré qu'il serait nécessaire d'abaisser si fortement le niveau des rails pour dégager le gabarit indispensable à la pose de cintres que l'on serait obligé de démolir le radier de la boucle sur une grande longueur. Une telle opération était impensable en raison de sa durée et de son coût, car le chantier était situé au point du réseau où le travail nocturne était le plus difficile à organiser : l'emplacement où tous les trains de service servant à l'entretien des voies et tunnels devaient obligatoirement manœuvrer.

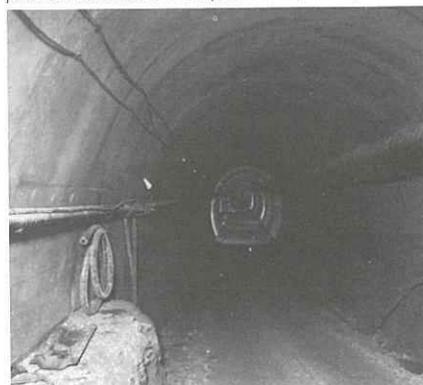
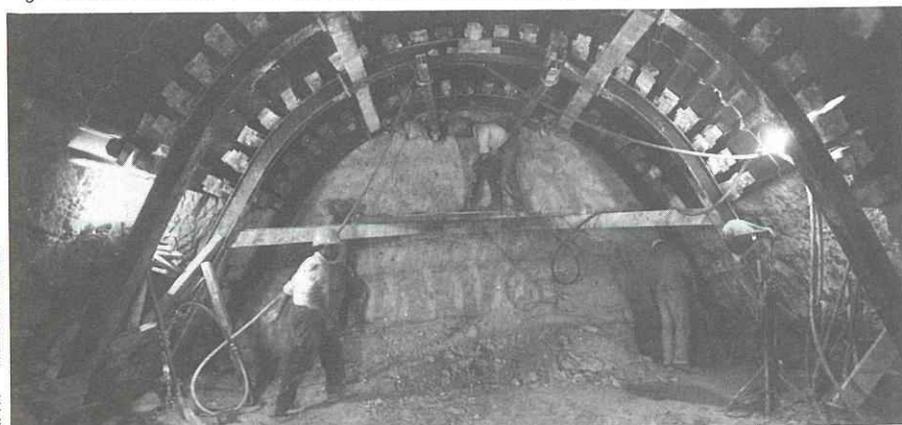
Il a donc été décidé de se borner à poser les voies en service sur raidisseurs ou poutres au droit du chantier à ouvrir en sous-œuvre, et à choisir pour le terrassement du souterrain inférieur une méthode compatible avec la stabilité des ouvrages supérieurs.

La question se ramenait à travailler par sections très divisées, à limiter chaque terrassement au minimum, à bétonner le plus tôt possible et naturellement à abandonner systématiquement les profilés et étais métalliques (très largement calculés) dans la maçonnerie (figure 17).

Ci-dessous Fig. 16 : Souterrain voie 1 : terrassement du stross.

En bas Fig. 17 : Souterrain voie 1 : passage sous l'ancienne boucle (on distingue les piédroits construits en première phase).

Fig. 15 : Souterrain voie 1 : terrassement de la demi-section supérieure.



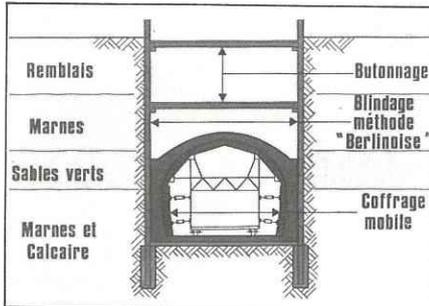


Fig. 18 : Tunnel à deux voies exécuté par la méthode berlinoise.

L'exposé complet des dispositions prises serait fastidieux. On peut se borner à signaler l'essentiel :

- exécution en trois phases de la demi-section supérieure du souterrain (côté gauche, côté droit, puis partie centrale) en avançant par petites galeries latérales ;
- exécution en puits blindés des plots de piédroits situés sous les appuis des ouvrages supérieurs.

Naturellement, l'avancement moyen a été très faible et il a fallu exécuter de multiples blindages et coffrages spéciaux. L'essentiel a été terminé fin janvier 1977. Les tunnels en service ont fait l'objet d'une surveillance constante. Près de vingt repères de tassement solidaires des maçonneries ont été observés plusieurs fois par semaine. Le tassement maximal a été de l'ordre du centimètre ce qui n'a pas entraîné de dommages nécessitant des réfections.

Méthodes d'exécution à ciel ouvert

Terrassements et blindages

Seuls les ouvrages de la zone 1 du lot 1 (couloirs, trémies d'accès et salles de billets) ont pu être exécutés dans des fouilles talutées ouvertes à l'angle du boulevard Mac-Donald et de l'avenue Corentin-Cariou, dans une partie de l'emprise désaffectée des anciens abattoirs.

Partout ailleurs, les ouvrages sont sous chaussées ou près d'immeubles et la largeur des fouilles a dû être réduite au strict minimum pour laisser partout et en tout temps au moins quatre files de circulation de 3 m.

Le terrain étant d'une pénétration facile et toujours hors nappe aquifère, la méthode berlinoise s'imposait dès la conception

du projet pour les ouvrages courants (figure 18). Après étude poussée du projet d'exécution, elle a pu être généralisée aux quelques points particuliers réservés jusqu'alors :

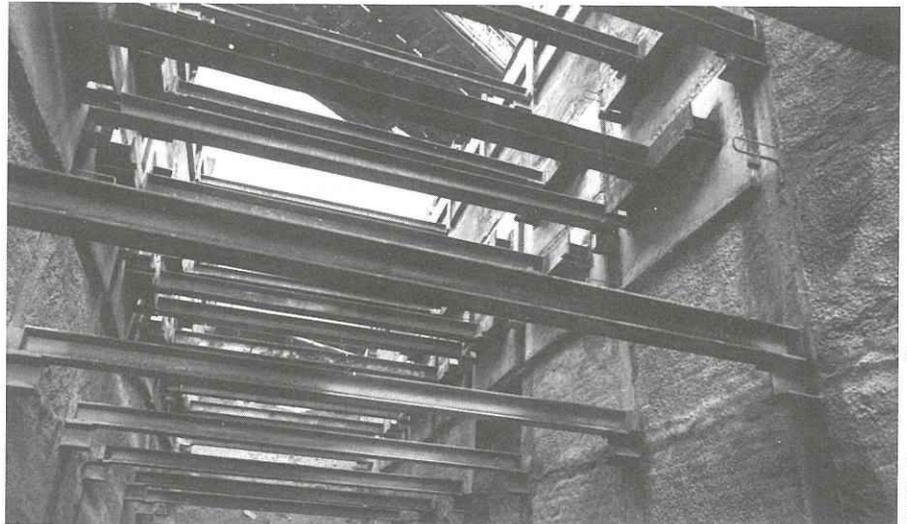
- station "Aubervilliers - Pantin - Quatre chemins", grâce à un réaménagement sérieux de très importants réseaux souterrains qui ont été déviés ou renforcés après repérage précis pour permettre sans risque le forage des pieux ;
- passage sous le viaduc du boulevard périphérique grâce à l'emploi d'un matériel de forage spécial s'accommodant de la faible hauteur disponible et au rabotage des deux ou trois tronçons de profilés devant constituer les pieux métalliques.

- zones où la fouille était très voisine des fondations superficielles du pont SNCF ou du tunnel RATP existant grâce à la mise en œuvre d'un butonnage "actif" bloquant toute décompression (vérins plats incorporés dans des butons supplémentaires qui, dans certains cas, seront abandonnés) (figure 19) ;

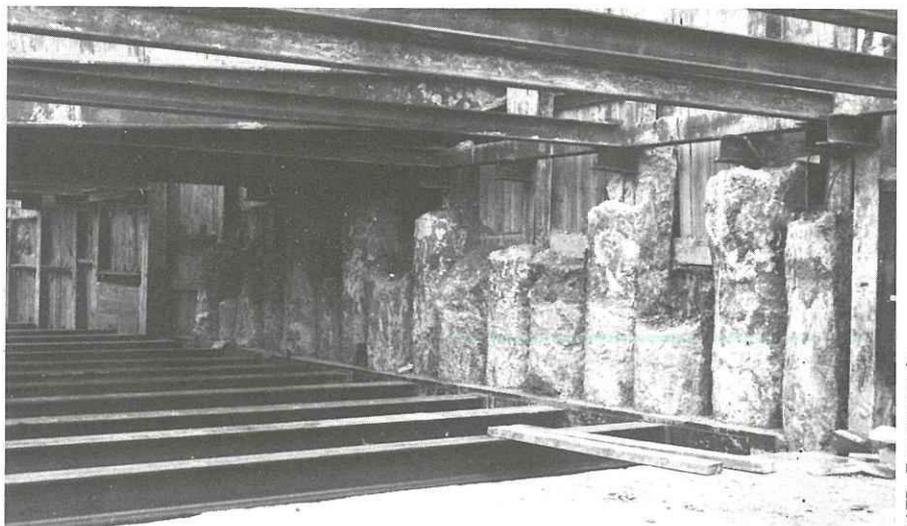
- et enfin, passage à moins de 1 m de l'angle d'un immeuble-tour de l'ensemble H L M "des Courtillères".

Ce bâtiment est fondé sur pieux mais ceux-ci n'ont été descendus que sensiblement au niveau du radier du tunnel projeté, si bien qu'il a été jugé indispensable d'appuyer, côté bâtiment, un système de bu-

Ci-dessous Fig. 19 : Renforcement par "butons actifs" de la fouille sous pont S N C F.
En bas Fig. 20 : Rideau de pieux sécants devant la tour des Courtillères.



RATP - Travaux neufs



RATP - Travaux neufs

tonnage actif sur un rideau de pieux sécants en béton armé (figure 20).

Ce rideau a été foré à la boue devant l'immeuble, avant tout début de terrassement. De plus, dans la zone la plus critique, le tunnel a été creusé en sous-œuvre de sa salle de couverture qui avait été préalablement bétonnée sur le sol et liée aux pieux pour éviter tout mouvement en tête.

Des fouilles blindées classiques (c'est-à-dire avec ceintures horizontales résistantes mises en place au fur et à mesure de la descente du terrassement) ont toutefois été exécutés dans deux cas :

- pour construire les locaux et accès de la station "Aubervilliers - Pantin - Quatre Chemins", car l'irrégularité du contour des fouilles, tant en plan qu'en profil, et leur phasage très complexe (en raison de la nécessité d'assurer à chaque instant l'accès des immeubles aux piétons et véhicules de sécurité) s'opposaient, pour des raisons pratiques, à la mise en place de "pieux berlinois" ;
- pour construire les trémies de sortie et les couloirs d'accès superficiels de la station "Fort d'Aubervilliers" car la faible profondeur des fouilles et leur fractionnement en multiples phases pour traverser les chaussées auraient conduit à des forages d'un coût relatif trop élevé.

Fig. 21 : Forage de pieux berlinois.



RATP - Travaux neufs



RATP - Travaux neufs

Fig. 22 : Blindage latéral en béton projeté.

si le remplissage des forages a été fait avec un matériau adapté : pas trop dur, mais assez cohérent. Il faut donc un "tour de main" pour jouer avec le matériau extrait des fouilles, la grave, les cendres et les additifs tels que le ciment et la bentonite.

En fin d'opération, seule la partie haute des rideaux (sur environ 2 m de hauteur) est recépée de façon à permettre le rétablissement de la voirie et des canalisations superficielles et à ne pas laisser d'obstacles pour les éventuels futurs utilisateurs. Dans ce but, cette tranche est blindée en bois (planches jointives) de façon à faciliter son enlèvement.

Plus bas, le blindage béton coulé sur place est la règle. Il permet un collage immédiat et parfait au terrain, le protège de toute altération, évite les entraînements de fines en cas de circulation accidentelle d'eau et, à la différence du bois, ne disparaît pas dans le temps.

Pour le chantier de la ligne 7, l'originalité de la méthode de blindage a consisté à réaliser les panneaux latéraux de béton armé en béton projeté sur la majorité de la surface, mais ceci après une longue période d'essais. Ces panneaux, de 15 à 20 cm d'épaisseur totale, sont réalisés de façon générale en une seule passe avec incorporation d'un panneau d'armatures préfabriqué, calculé pour reprendre la poussée du terrain. Sur le plan technique le procédé est au point ; on a atteint 60 m par poste de huit heures et par atelier (figure 22).

La résistance (et surtout la montée en résistance) sont suffisantes étant donné les circonstances : on atteint 60 bars à deux jours et plus de 300 bars à vingt-huit jours. Les agrégats et le ciment sont transportés secs par voie pneumatique, l'incorporation d'eau n'a lieu qu'à la sortie de la lance que l'ouvrier tient environ à 1 m du parement à revêtir.

Ce procédé nécessite une main-d'œuvre très spécialisée, mais réduite. Il a pour avantage de ne pas encombrer le chantier : suppression des coffrages et de leurs manipulations, approvisionnement des matériaux par conduites à partir d'une centrale ... et ne peut donc pas gêner le chantier des "structures" qui le suit. Enfin, il est relativement souple et peut plus facilement suivre

Description et particularités du blindage "berlinois"

Il s'agit d'une "berlinoise" du type habituellement utilisé à Paris, c'est-à-dire profilés métalliques verticaux non récupérés, tangentant l'ouvrage à construire, encastrés en pied (par bétonnage dans un puits) et butonnés en partie libre par plusieurs lits de butons serrés par calage bois (et non soudés). Les poussées du terrain sont reportées sur les poteaux verticaux par des plaques de béton armé travaillant horizontalement.

Les ouvrages à construire étant linéaires (tunnels et stations courantes à deux voies et quais latéraux) les fouilles restaient d'une largeur raisonnable, ce qui permet de les butonner de façon simple et économique et de ne pas recourir à des tirants d'ancrage qui, chacun le sait, sont coûteux et posent des problèmes de voisinage en site urbain (propriétés et canalisations riveraines).

Les "poteaux" sont constitués par des profils en H de module compris entre 220 et 300 mm, espacés de 2,50 à 3 m sur le périmètre de la fouille à ouvrir et de 8 à 14 m de hauteur. Ils sont mis en place dans des forages d'environ 0,60 m de diamètre exécutés à la tarière mécanique. Grâce à la cohésion du terrain, le forage se tient sans tubage les quelques heures nécessaires à la pose, au réglage et au scellement en pied du profilé (figure 21).

le blindage entre profilés est mis en place au fur et à mesure de la descente du terrassement. Il nécessite un réglage manuel précis des faces latérales de la fouille qui accompagne le dégagement soigné des poteaux. Cette opération a lieu facilement

les aléas du terrassement qu'un atelier de béton coffré.

Du blindage de ce dernier type a toutefois été réalisé dans certaines tranches isolées du chantier dont l'importance et la durée ne justifiaient pas l'amenée d'un atelier "béton projeté".

D'autre part, il convient de signaler que du blindage "bois" a été mis en œuvre sur des parois de fouilles partielles résultant du phasage des ouvrages. Un exemple en est les faces latérales de la "boîte centrale" de la station "Aubervilliers - Pantin - Quatre Chemins" là où devaient déboucher les accès et locaux annexes. On a procédé de cette façon pour éviter la démolition de panneaux de béton armé lors de la seconde phase des terrassements (excavation des "blocs latéraux").

Les fouilles sont étayées horizontalement par des butons reliant transversalement les profilés verticaux. Le nombre, la position et le module des butons sont fonction de la nature du terrain (plus ou moins grande poussée) et des impératifs du chantier (passage des engins et des coffrages).

En général, trois lits de butons sont nécessaires, le dernier lit étant disposé lorsque le radier de l'ouvrage est bétonné depuis plusieurs jours, et le lit intermédiaire après durcissement suffisant de la couverture (voûte ou dalle) (figure 23).

Dans le cas particulier de la station "Aubervilliers - Pantin - Quatre Chemins", les poteaux latéraux ont été renforcés car il a été jugé plus intéressant de ne pas avoir de butons dans la hauteur de la boîte centrale de la structure.



Fig. 23 : Butonnage de la fouille du tunnel à deux voies.

Des profilés en H sont employés dans la fouille du tunnel courant, étant donné le caractère linéaire du chantier, ils sont réutilisés un certain nombre de fois au fur et à mesure de l'avancement de la structure.

Pour les stations, en raison de la portée qui atteint 15 m et du risque de flambage, on préfère les butons tubulaires qui, à poids égal, résistent mieux (figure 24).

Les butons "actifs" (qui ont été évoqués plus haut) sont appuyés, par l'intermédiaire des vérins plats hydrauliques, sur des plaques de béton armé d'environ 2 m² coulées contre le terrain à maintenir - les plaques sont séparées des poteaux et du blindage courant par des joints francs de façon à assurer l'indépendance du butonnage complémentaire ainsi constitué (figure 19).

Deux résultats statistiques pour compléter cet exposé sur le blindage berlinois : pour étayer la fouille correspondant

au tunnel type à double voie, il faut par mètre d'ouvrage environ 2 tonnes de profilés (poteaux, butons, liernes, etc.) et 120 kg de treillis soudé pour armer le béton projeté (densité 30 kg/m³).

Platelages et ponts de service

L'exécution sous platelages est coûteuse et amène de notables sujétions pour les entreprises. Le maître d'œuvre, soumis aux pressions des riverains et des responsables de l'exploitation de la voirie, doit donc par principe s'efforcer de réduire leur surface.

Trois motifs conduisent à en poser :

- maintenir la circulation sur les chaussées coupant le tracé de la ligne en construction ;
- assurer l'accès des véhicules aux propriétés longées par la fouille du tunnel ;
- permettre localement le stationnement au-dessus de l'ouvrage en construction d'engins de chantier ou de matériel d'intervention (échelle de pompiers par exemple)

Sur la zone courante du chantier (tunnel à double voie) il a été nécessaire d'installer environ 2 300 m² de platelages par kilomètre de ligne. Ce chiffre montre l'importance du problème (figure 25).

Les ponts de service sont calculés pour supporter le camion-type de 30 tonnes. Pratiquement, chaque panneau élémentaire doit résister au poinçonnement d'une roue de 10 tonnes et chaque poutrelle qui enjambe la fouille doit être prévue pour 15 tonnes dans le cas usuel (circulation en long : 3 tonnes + 2 fois 6 tonnes) ou 24 tonnes (soit 2 essieux de 12 tonnes) dans le cas plus rare de circulation "transversale". Bien entendu, ces valeurs sont augmentées par l'application du coefficient de majoration dynamique.

Chaque "pont" est un assemblage de "platelages", c'est-à-dire de panneaux élémentaires posés bord à bord. Le plancher ainsi formé est supporté par une série de poutres métalliques indépendantes qui reportent les charges de part et d'autre de la tranchée large de 8,50 m pour le tunnel courant à deux voies. Comme souvent le pont n'est pas normal à l'axe de la ligne, la portée pratique varie entre 10 et 15 m, ce qui conduit à des hauteurs d'âme de 500 à 700 mm suivant l'entre-axe des poutres.

Fig. 24 : Butonnage de la fouille de la station "Fort d'Aubervilliers".





Pour le prolongement de la ligne 7, les platelages utilisés ont été de deux types :

- le type traditionnel constitué par un assemblage de poutrelles parallèles (reliées par tiges filetées traversant un remplissage en bois) recouvertes par un lit de mardriers avec couche d'usure en béton bitumineux. Ces panneaux, de 1 m de largeur, de 2,60 à 4 m de longueur, ont une épaisseur totale de 0,30 m ; leur caractère composite les rend d'un entretien assez onéreux et leur épaisseur est parfois une gêne ;
- un type nouveau, d'épaisseur réduite et surtout d'un coût bien moins élevé : il s'agit de dalles en béton armé, de 2 m sur 1,50 m et 0,16 m d'épaisseur, possédant un solide encadrement en cornières métalliques et quatre trous de manutention. Leur bonne tenue, surtout lors des transferts, nécessite un ferrailage renforcé lié aux cornières de rive (figure 26).

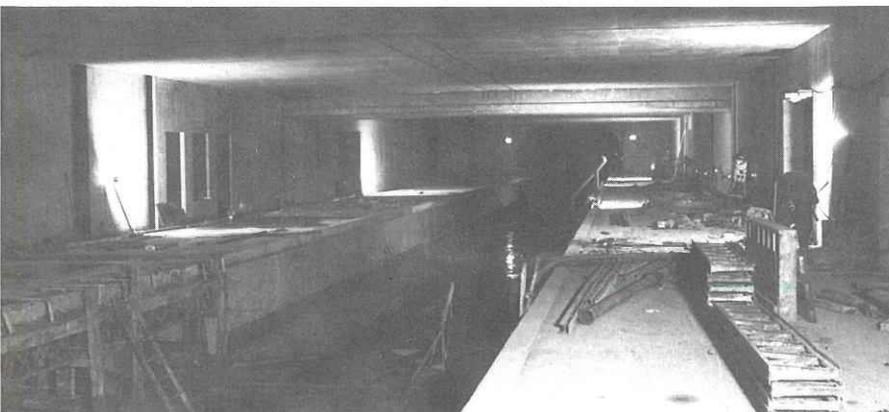


Si les platelages peuvent rester nus pour un service limité (par exemple dans le cas d'une passerelle "piétons" ou pour un accès à une propriété) leur utilisation prolongée sur voie publique nécessite de les recouvrir dès leur pose par un tapis d'enrobés à chaud de forte épaisseur (8 à 10 cm). L'expérience a montré que cette précaution évitait, non seulement la détérioration de la surface des platelages, mais surtout la dislocation des assemblages qui, dès qu'elle est amorcée, tend à prendre une allure exponentielle.

Structures - tunnels et stations

Hormis les ouvrages particuliers constituant les accès, locaux techniques et ouvrages annexes dont les caractéristiques sont strictement fonctionnelles, les structures réalisées sont de deux types :

- ouvrages "cadres", simples ou doubles, dont l'ouverture varie de 4,50 m à 14,55 m (figure 27) ;



En haut Fig. 25 : Zone de platelages en cours de pose (au premier plan, préparation des appuis).

Au centre Fig. 26 : Platelages en béton armé.

En bas Fig. 27 : Ouvrage cadre : station "Aubervilliers - Pantin - Quatre Chemins".

- ouvrages "voûtés", constituant les tunnels courants à une voie (figure 28) (ouverture 4,75 m) ou deux voies (ouverture 7,10 m).

La voûte nécessite un coffrage coûteux, mais est intéressante pour les ouvrages répétitifs en raison de son aptitude à un décoffrage rapide et de l'importante économie faite sur le ferrailage.

Dans le lot 1, les zones III et V sont voûtées et constituent environ 70% de la longueur du projet. Elles sont coulées par éléments de 7,5 ou 10 m de longueur à raison de deux ou parfois même, trois rotations par semaine.

Dans le lot 2, la zone I (tunnel d'interstation) est voûtée sur 1 300 m de longueur. Il en est de même de la zone III (tunnel de garage) là où la couverture de terre était suffisante. Les voûtes de ce lot ont été bétonnées sur coffrages de 10 à 15 m de longueur tournant deux fois par semaine.

Le cadre a été choisi uniquement pour les points particuliers : ouverture variable, effort latéral extérieur important, ouvrage à deux niveaux, hauteur limitée, etc.

Des ouvrages à couverture plate ont ainsi été construits :

- au débranchement de la voie 2 sur la boucle terminale existante ; aux problèmes découlant de l'ouverture variable s'ajoutaient les difficultés d'étalement en raison de la présence des voies en service au droit de l'ouvrage à construire ; il a finalement été décidé de mettre en place des poutres préfabriquées (profilés acier HEA de 700 ou de 900 et poutrelles béton armé) sur des piédroits de 0,60 m d'épaisseur préalablement coulés en fouille blindée (portée variant de 9,70 m à 14,25 m) (figure 29).

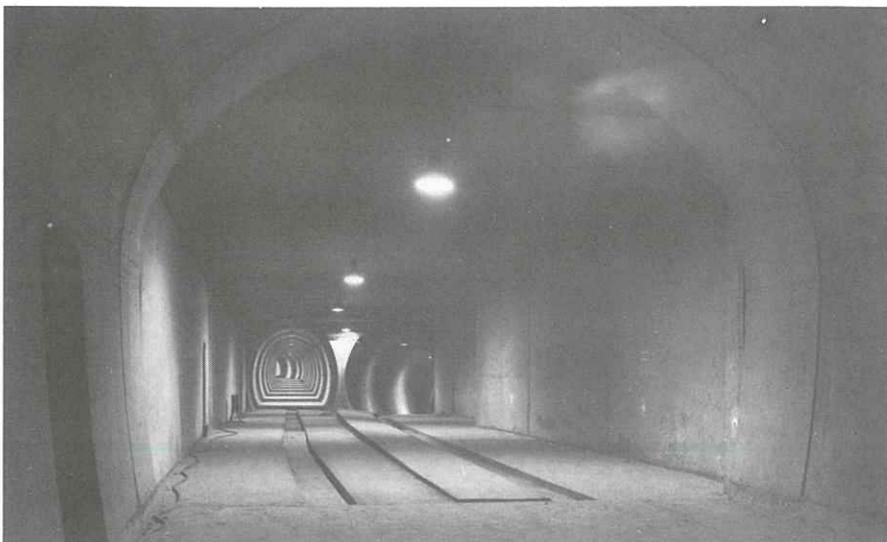
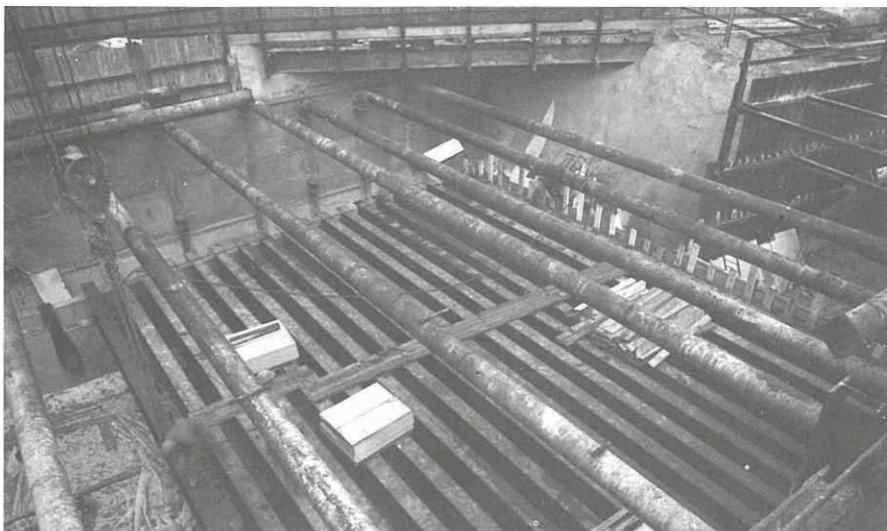
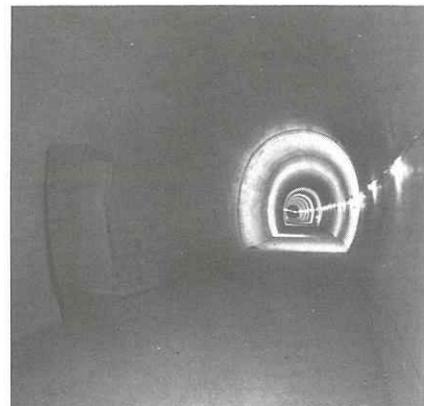
- dans la courte section où le tunnel voie 2 est tangent à l'ancien tunnel (ouvrage voûté en maçonnerie de grande ouverture et faible montée dont il fallait s'opposer à tout déplacement latéral) la technique du cadre rigide a été jumelée à l'emploi de "butons actifs" (voir plus haut) ;

- pour l'ouvrage spécial de raccordement des voies 1 et 2 où le tunnel, d'ouverture variable, est surmonté d'un second étage incorporé dans l'ensemble prévu pour être équipé en poste de ventilation mécanique (figure 30) ;

- pour l'ouvrage d'avant-station du carrefour des "Quatre Chemins" où le tunnel routier forme l'étage supérieur du double cadre ; les contraintes apportées par les profils en long sont telles qu'il a fallu faire

passer les réseaux transversaux (câbles et canalisations) dans l'épaisseur des dalles (figure 31) ;

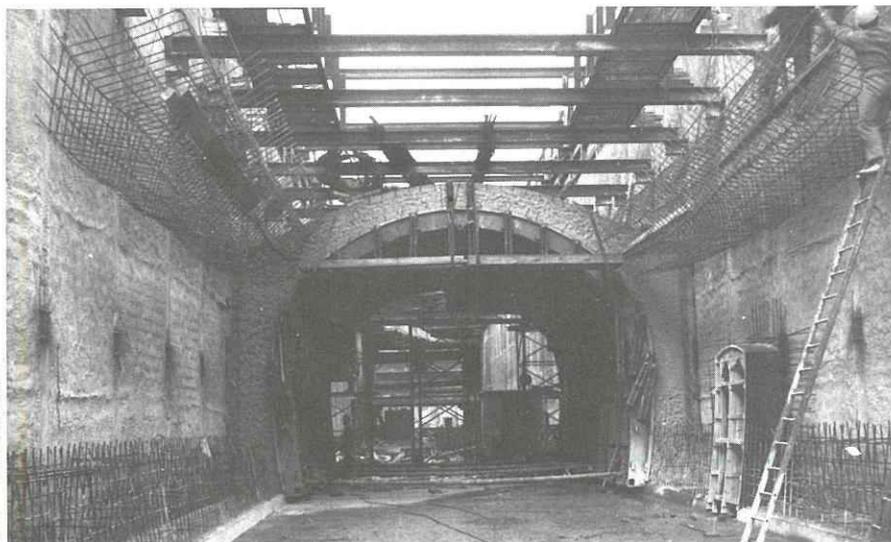
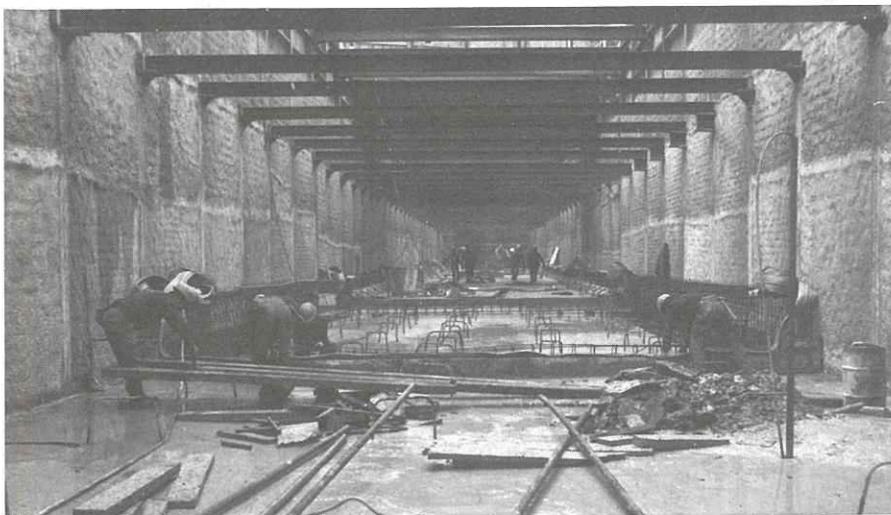
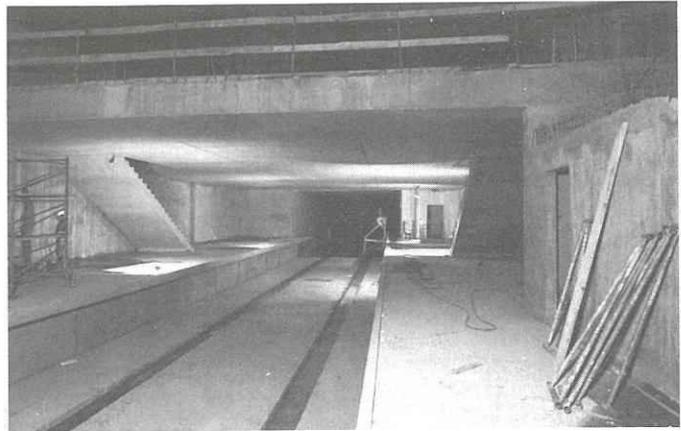
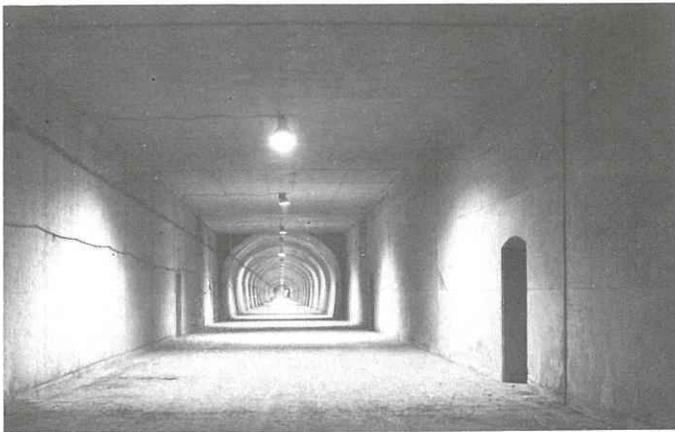
- à la station "Aubervilliers - Pantin - Quatre Chemins" de la trémie côté "banlieue" du tunnel routier s'est opposée à l'établissement en mezzanine au-dessus des quais de la salle de distribution et de contrôle ; la station "Aubervilliers - Pantin - Quatre Chemins" possède donc des salles latérales dont les trémies débouchent sur les trottoirs de la RN 2 et de l'avenue de la République ; une passerelle est implantée en bâtiment au-dessus des quais, juste sous le niveau de la rampe du tunnel routier, afin d'assurer la liaison entre les accès



En haut Fig. 28 : Ouvrage voûté : tunnel à voie unique sous l'avenue de la Porte de la Villette.

Au centre Fig. 29 : Débranchement de la voie 2 : couverture en poutrelles.

En bas Fig. 30 : Ouvrage spécial de raccordement des voies 1 et 2.



RATP - Travaux neufs

En haut, à gauche Fig. 31 : Tunnel-cadre construit sous le passage routier dénivelé des "Quatre Chemins".

En haut, à droite Fig. 32 : Mezzanine de la station "Fort d'Aubervilliers".

Au centre Fig. 33 : Construction du radier du tunnel voûté.

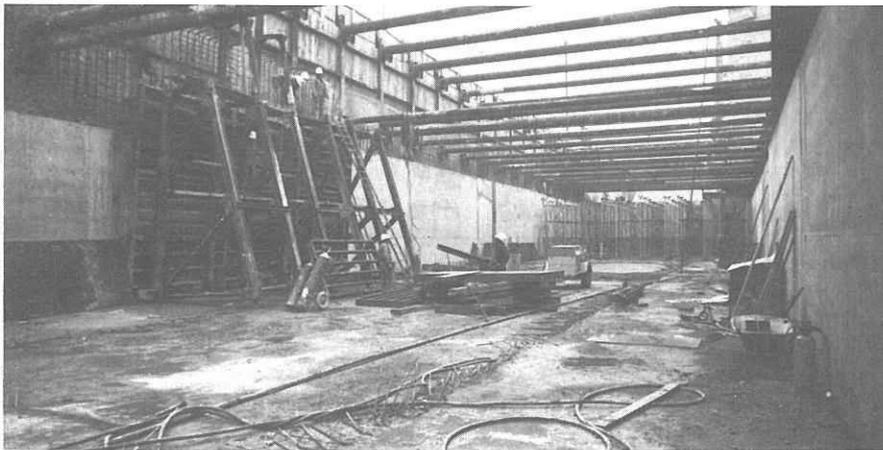
En bas Fig. 34 : Bétonnage d'une voûte.

pair et impair ; il résulte de cette conception particulière que les ouvrages occupent pratiquement toute la largeur comprise entre les façades de l'avenue Jean-Jaurès et qu'un vide technique important existe entre la partie haute de la rampe d'accès au tunnel routier et la dalle de couverture des quais ;

- également à la station "Fort d'Aubervilliers" où la salle de contrôle est établie en mezzanine sous une partie de la gare routière et où la présence d'escaliers d'accès latéraux a conduit à élargir localement les quais, et, par voie de conséquence, l'ouvrage cadre principal (figure 32) ;

- et enfin, dans le tunnel d'arrière-gare servant au retournement des trains où trois obstacles successifs se sont opposés sur les 4/5 de la longueur à la construction de la voûte type : adjonction d'un couloir d'accès et de locaux techniques au-dessus des voies, présence d'un immeuble-tour tangentant le piédroit et exigeant une couverture plate tenant lieu de buton (voir ci-dessus au premier paragraphe du présent chapitre) et enfin, découverte plus bas que prévu d'une importante chambre souterraine de l'artère téléphonique "Paris-Lille".

Les sections voûtées sont réalisées en deux phases : d'abord le radier (plat, en raison du terrain de bonne tenue et de l'absence de pression d'eau) (figure 33) ensuite les piédroits et la voûte (emploi de coffrages dits "tunnels" roulant sur le radier (figure 34). Pour le tunnel à voie unique, l'épaisseur du béton est de 0,40 m en clé de voûte et de 0,50 m en piédroit. Pour le tunnel à double voie, ces valeurs passent respectivement à 0,50 m et 0,70 m. En principe, le tunnel à une voie ne comporte des armatures qu'au droit des reprises de bétonnage. Une seule zone est systématiquement armée : celle située sous le pont



RATP - Travaux neufs

En haut Fig. 35 : Radier et piédroits de la station "Fort d'Aubervilliers".

Au centre Fig. 36 : Pose de l'étanchéité en asphalte sur une station.

En bas Fig. 37 : Pose expérimentale de l'étanchéité "Volclay".

S N C F dont les piles apportent de fortes charges au voisinage des reins de la voûte.

En plus des armatures de couture entre le radier et les piédroits, le tunnel à deux voies est légèrement armé dans les zones pouvant ne plus être comprimées dans certains cas de chargement : intrados de la voûte et partie haute des piédroits. La densité moyenne d'armatures est néanmoins très faible, de l'ordre de 25 kg par m³ de béton. Ce béton, fabriqué en usine, est dosé à 375 kg de ciment par m³ et permet un décoffrage à trente-six heures. Chaque "plot" est séparé du suivant par un joint de dilatation comprenant un "waterstop".

Il faut noter qu'en cours de travaux il a été décidé d'incorporer systématiquement un treillis soudé (fil de 8 mm, maille 100 x 300) dans la partie supérieure des radiers de façon à éviter la tendance à la fissuration qui s'était manifestée dans certains des premiers plots après remblaiement.

Naturellement, les cadres sont nettement plus ferrailés que les voûtes. Il s'agit là de "béton armé", et cela d'autant plus que bien souvent les contraintes de gabarit limitent les épaisseurs des parois. Quelques exemples :

- couverture du tunnel routier : 0,35 m ;
- couverture des stations : de 0,70 m à 1,10 m suivant les zones ;
- piédroits courants tunnels : 0,60 m ;
- piédroits stations : 0,80 m à 1 m.

Dans ces ouvrages, on peut estimer à 80 kg/m³ la densité du ferrailage (figure 35).

Les piédroits verticaux des stations et des tunnels "cadre" ont été coulés entre le blindage latéral et des coffrages plans autostables appuyés sur le radier.

Les dalles de couverture des stations ont été réalisées avec une contre-flèche telle qu'elle reste positive après décoffrage et mise en charge totale. Leur sous-face comporte un quadrillage de "joints creux" réalisé par mise en place de baguettes trapézoïdales couvrant les raccords des feuilles de contreplaqué utilisées.

Étanchéité des ouvrages

L'ensemble du projet étant situé au-dessus du niveau maximum de la nappe phréatique, une étanchéité spéciale n'est prévue qu'en toit des structures construites à ciel ouvert.

Sur les tunnels, elle est constituée par une feuille de P.V.C. (épaisseur 3 mm, continuité assurée par soudure à chaud) recouverte d'une nappe de Bidim (textile artificiel imputrescible) et protégée mécaniquement par une épaisse chape de béton (protection lors du remblaiement ou lors d'une ouverture ultérieure de fouille).

Sur les ouvrages de forme complexe ou exécutés en plusieurs phases successives (par exemple les accès des deux stations et les ouvrages annexes), il a été jugé préférable de prévoir une étanchéité adhérente classique pouvant se prêter à de nombreux raccords : chape de bitume armé, collée à chaud sur le béton, auto-protégée par feuille aluminium, et recouverte ensuite d'asphalte coulé formant protection mécanique immédiate (figure 36).

Dans la partie du tunnel exécutée en souterrain, les joints entre anneaux ont été étanchés par injections locales de résine acrylique gonflant à l'eau.

Il a dû en être fait de même sur un certain nombre de joints des structures construites à ciel ouvert (tunnels et stations) où le waterstop n'a pas joué son rôle. On peut supposer que la bande d'élastomère avait été mal disposée ou blessée lors du ferrailage.

Grâce à ces précautions, les ouvrages étaient totalement secs lors de leur remise aux services d'équipement. Il est bon d'insister sur le fait, qu'en site urbain situé hors nappe, les venues d'eau les plus difficiles à obturer proviennent du mauvais état des égouts ou canalisations voisines.

Il est intéressant de signaler qu'un essai d'étanchéité, par interposition de bentonite de sodium (procédé "Volclay") a été effectué sur le lot 2 b (figure 37) :

- revêtement extérieur en voûte et piédroits sur 10 m de longueur de tunnel (plaques cartonnées d'environ 5 mm d'épaisseur et de 1,5 m² de surface unitaire, contenant de la poudre de bentonite, agrafées sur le béton avec recouvrements) ;
- joint entre deux plots de tunnel remplaçant le waterstop (boudin creux en carton, section 3 x 3 cm, rempli de bentonite et logé dans les demi-encoches réservées au bétonnage des faces en contact).

Ce procédé a pour principe la décomposition du carton biodégradable et l'hydratation de la bentonite par l'humidité du sol. Il en résulte une barrière étanche à aspect

gélatineux qui obture les cheminements d'eau. Des références très sérieuses existent en Amérique du Nord. A ce jour, les parties traitées à Aubervilliers n'ont pas laissé apparaître d'infiltrations. Toutefois une application plus importante, et en zone saturée d'eau, serait intéressante, ne serait-ce que pour avoir une idée du prix de revient réel.

Coût de la première étape

Aux conditions économiques de 1977 (date moyenne d'exécution), le coût prévisionnel du gros œuvre peut être estimé à 152 millions de francs (hors T V A, frais généraux inclus), se décomposant en :

- première section "Porte de la Villette - Aubervilliers - Pantin - Quatre chemins" : 74 MF.
- deuxième section "Aubervilliers - Pantin - Quatre chemins - Fort d'Aubervilliers" : 78 MF.

La répartition de ces 152 millions de francs est la suivante :

- gros œuvre proprement dit
101,50 MF soit 67,0%
- injections de confortation
8,50 MF soit 5,5%

- travaux divers
8,50 MF soit 5,5%
- travaux exécutés par les concessionnaires et les services publics (voirie, égouts, etc.)
33,50 MF soit 22,0%

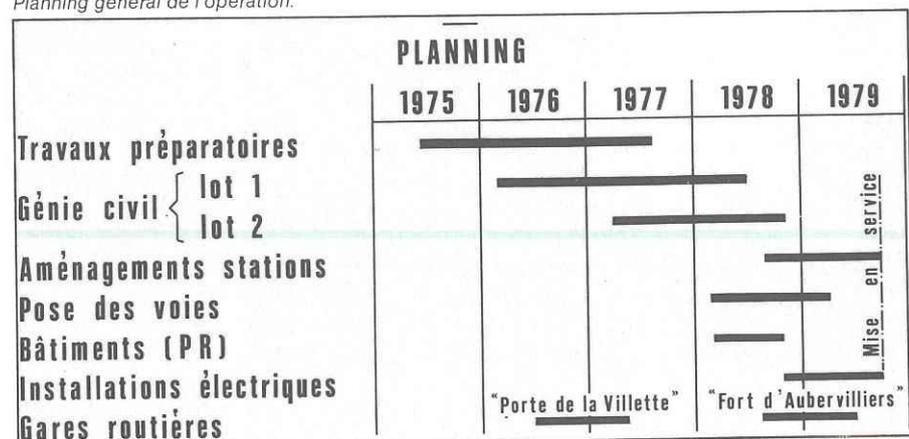
Aux travaux de génie civil s'ajoutent les équipements et les dépenses annexes dans le terminus actuel :

- génie civil 152 MF
- aménagement des stations et accès 22 MF
- pose des voies 26 MF
- équipements électriques 58 MF
- modification du terminus autobus 7 MF
- protection dans les tunnels en exploitation 6 MF
- postes de redressement 7 MF
- divers 9 MF
- Total hors TVA : 287 MF

Ce dernier chiffre (287 millions de francs, dont un peu plus de la moitié est imputable au gros œuvre), ne comprend toutefois pas le complément de matériel roulant qui sera nécessaire à l'exploitation du prolongement.

De plus, il est rappelé qu'il est en francs moyens de 1977. Les travaux d'équipement étant essentiellement effectués en 1978 et 1979, on estime que lors de la mise en service une somme voisine de 315 millions de francs aura été dépensée.

Planning général de l'opération.



VUES DES TRAVAUX EN COURS

RER - LIGNE A : PROLONGEMENT DE LA BRANCHE MARNE-LA-VALLÉE A TORCY

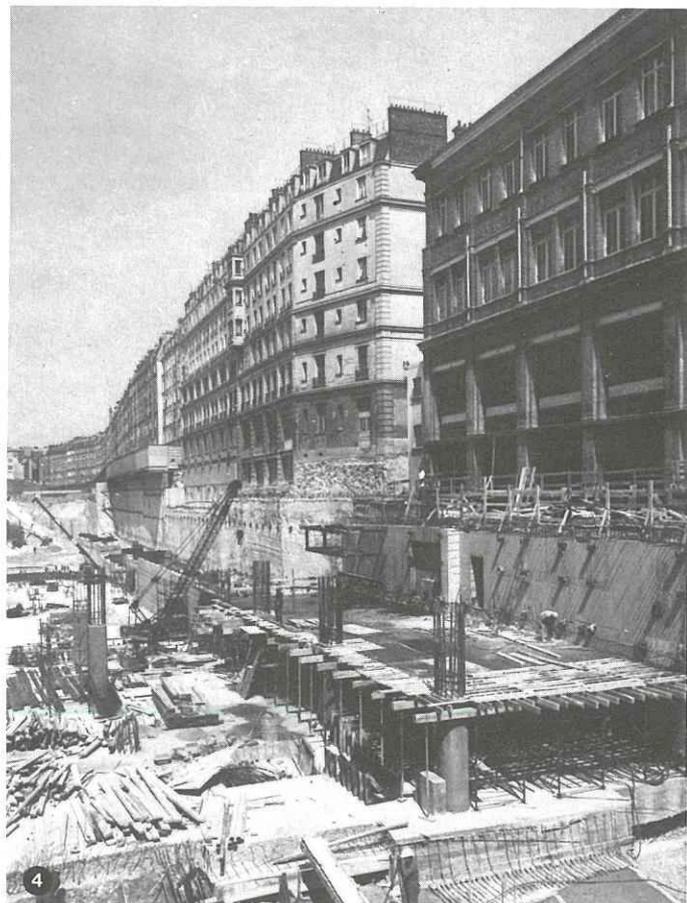
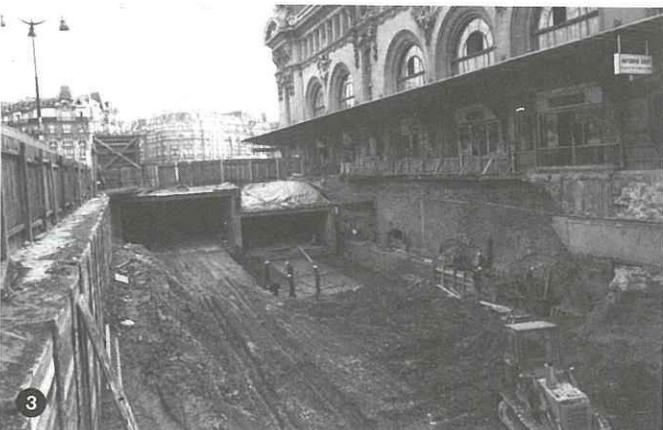
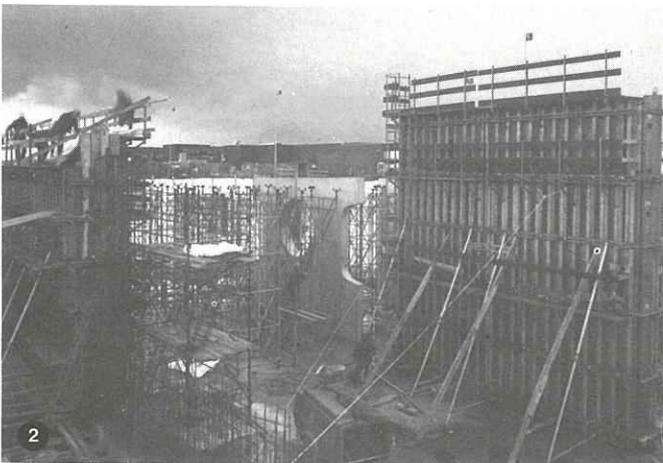
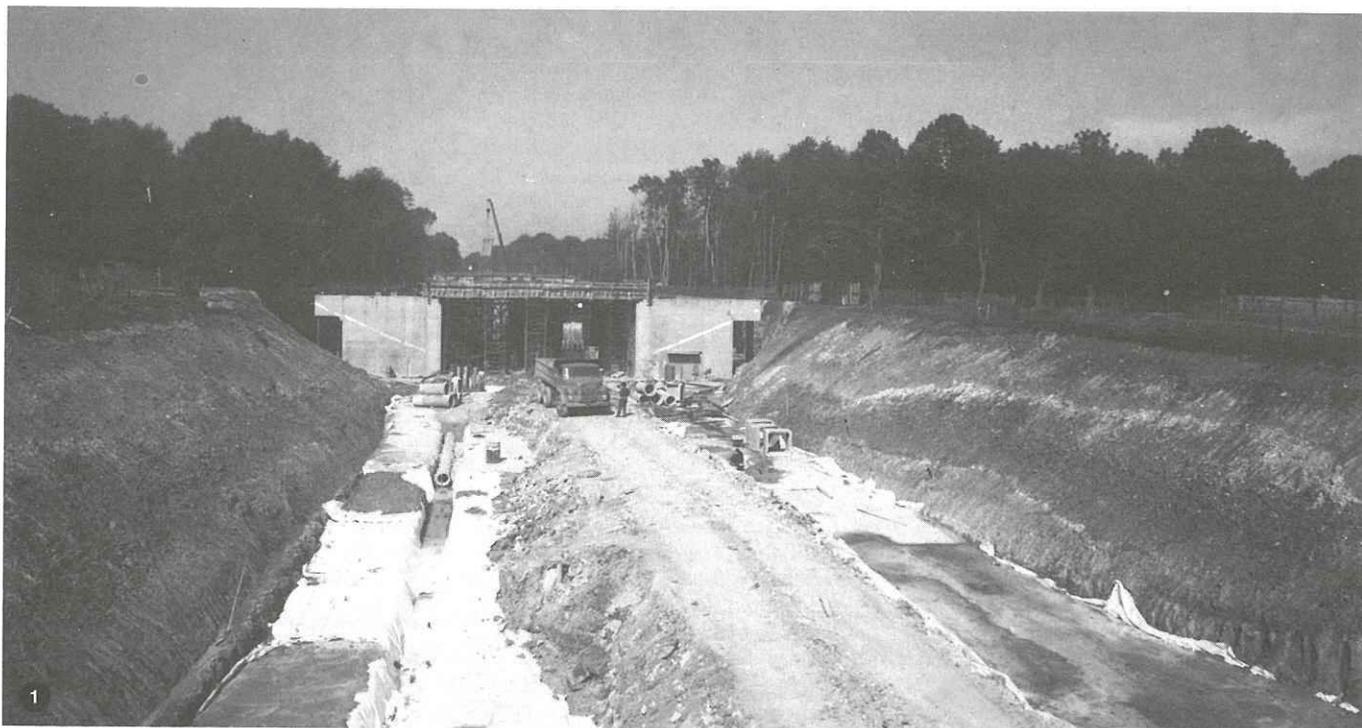
- ① Pose de l'assainissement sous quais de la gare de Noisiel.
- ② Coffrage du voile extérieur de la pile intermédiaire, côté Sud, de la gare de Torcy.

RER - LIGNE A : INTERCONNEXION RATP-SNCF A LA GARE DE LYON

- ③ Terrassements généraux des voies routières sous parvis.

RER - LIGNE B : PROLONGEMENT A LA GARE DU NORD

- ④ Accès Sud de l'ouvrage principal : salle des billets et d'échanges.



MÉTRO - LIGNE 10 : PROLONGEMENT A BOULOGNE - PONT DE SAINT-CLOUD

⑤ Percée du tunnel à l'aide d'une machine à attaque ponctuelle.

MÉTRO - LIGNE 13 BIS : PROLONGEMENT A ASNIÈRES - GENNEVILLIERS

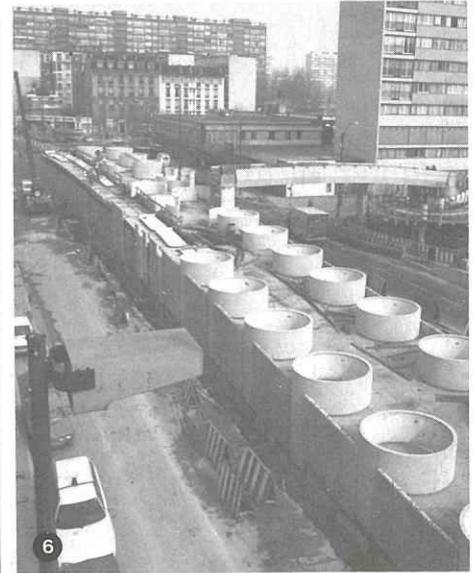
⑥ Aménagements au-dessus du tunnel : pose de l'habillage des bacs à arbres.

⑦ Vue de la station Asnières - Gennevilliers I.

RECONSTRUCTION DES ATELIERS DE JAVEL DU RÉSEAU FERRÉ

⑧ Zone du tunnel de raccordement avec la ligne 8 du métro.

RATP - Travaux neufs

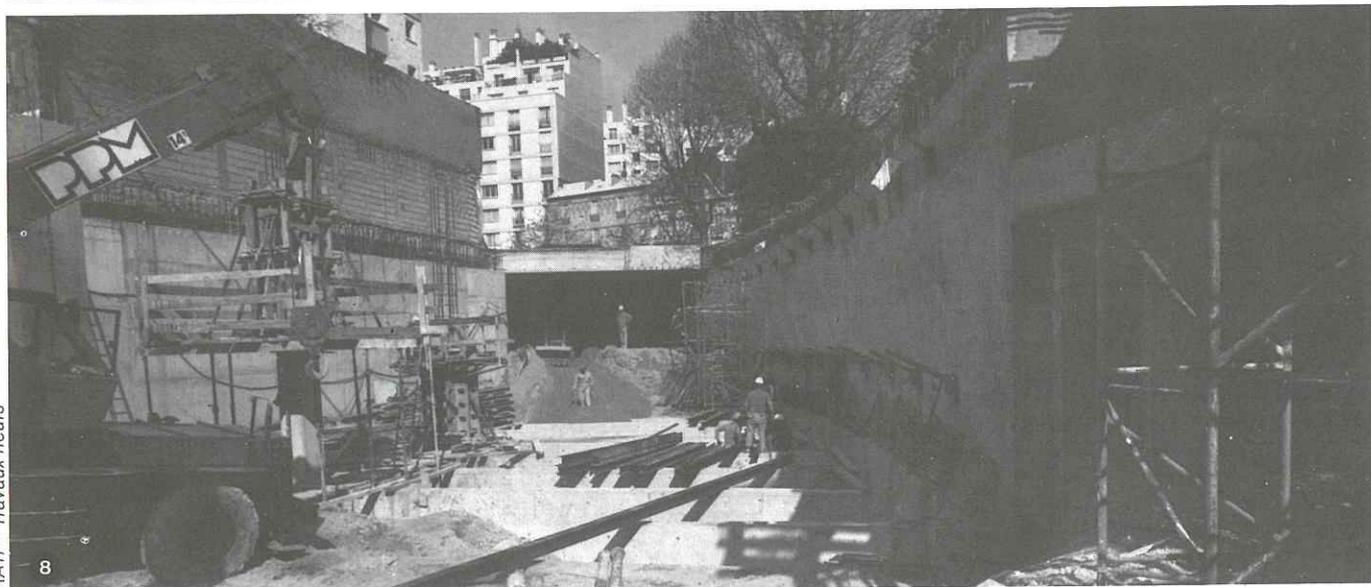


Studio Saint-Bernard

Studio Saint-Bernard



RATP - Travaux neufs





CONSEIL D'ADMINISTRATION

Séance du 27 avril 1979

Communication

Les administrateurs ont entendu un exposé sur les actions de communication menées par la RATP au cours des dernières années. Ces actions, constituant l'un des volets de la politique commerciale, font appel à des techniques très diverses (information, publicité, promotion, animation, accueil, relations publiques, relations de presse, signalétique) et contribuent à l'accroissement du trafic et des recettes, notamment en améliorant l'image de l'entreprise et de son produit et en faisant mieux connaître les caractéristiques du service offert.

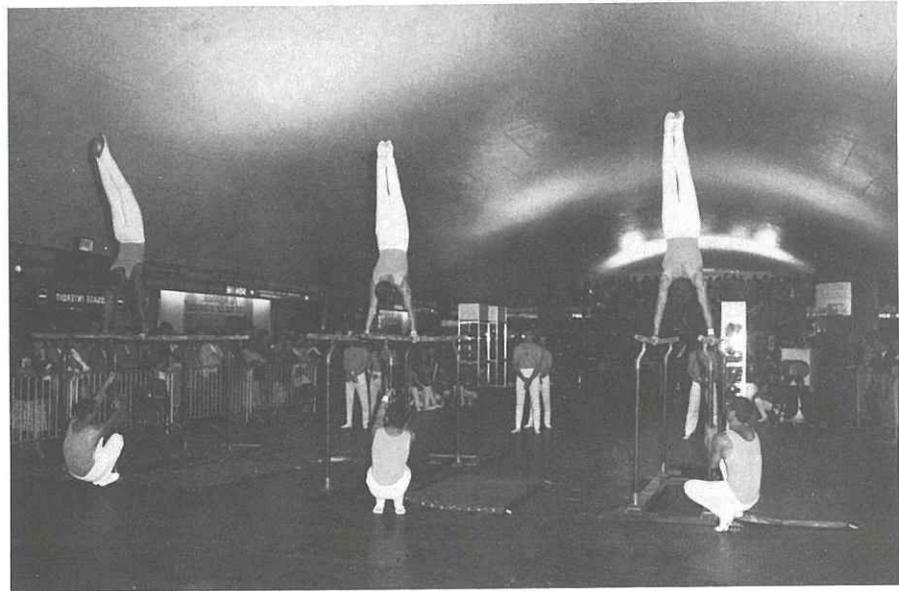
Prolongement de la ligne B du RER à la gare du Nord

Le Conseil a ensuite approuvé un additif à l'avant-projet de travaux concernant le prolongement de Châtelet-Les Halles à Gare du Nord de la ligne B du RER. Les dispositions retenues ont pour objet la réalisation, à Châtelet-Les Halles, du plan de voies prévu pour l'interconnexion du premier degré. Elles permettront, dès l'achèvement du tunnel reliant les deux gares,

Cul-de-sac actuel de la ligne B du RER à Châtelet-Les-Halles



RATP - Chabrol



RATP - Chabrol

Animation "les pompiers de Paris" à la gare d'Auber du RER.

d'effectuer en ce point le retournement d'une partie des trains en provenance du Sud qui, pendant une période intermédiaire de plus d'un an, ne pourront être achevés en totalité jusqu'à la gare du Nord.

Comptes de l'exercice 1978

Les comptes de la Régie pour l'exercice 1978 ont été examinés. Ces comptes, qui ont depuis lors été transmis au Ministre des transports et au Président du Conseil d'administration du Syndicat des transports parisiens, sont établis en strict équilibre, le report à nouveau excédentaire provenant de l'exercice 1977 étant annulé par une insuffisance d'égale montant apparaissant au compte des pertes et profits.

Les comptes de la Caisse de coordination aux assurances sociales et de ses services sanitaires annexes, pour l'exercice 1978, ont également été approuvés.

Enfin, accord a été donné aux propositions fixant le montant des subventions définitives à attribuer, au titre de 1978, au Comité d'entreprise et à la fondation "Les enfants du métro", pour le fonctionnement des œuvres sociales.

Rapport annuel 1978

Le Conseil a également adopté le rapport annuel sur le fonctionnement et la gestion de l'entreprise pour 1978 et a chargé son Président de le transmettre au Ministre des transports.

Séance du 25 mai 1979

Politique de renouvellement des installations fixes

Les administrateurs ont entendu une communication du Directeur des services techniques, sur la politique qui sera appliquée par la RATP, durant les vingt prochaines années, pour le renouvellement de ses installations fixes. Les orientations définies ont pour objet de répondre à l'augmentation prévisible des besoins de renouvellement au cours de cette période, en raison de l'arrivée simultanée à la limite de leur durée de vie de deux types d'installations : d'une part, les infrastructures lourdes (ouvrages d'art, voies, etc.) âgées d'au moins un demi-siècle ; d'autre part, les installations légères (électriques, électro-mécaniques, électroniques et cybernétiques) mises en service plus récemment, mais d'une durée de vie plus courte.

Plan d'entreprise

Le Conseil a également reçu une première information sur les aspects essentiels du projet de plan d'entreprise 1980-1984, dont il examinera le texte intégral au cours de sa prochaine séance.

Couloir de correspondance d'Invalides

Le Conseil a ensuite approuvé un additif à l'avant-projet de travaux relatif à la réalisation d'une correspondance entre les stations Invalides du métro et la gare SNCF du même nom. Les dispositions retenues ont pour objet l'installation, dans le couloir de correspondance, d'un trottoir roulant accéléré (TRAX), dont les deux branches seront implantées de part et d'autre d'un trottoir roulant classique, conformément à la possibilité qui avait été réservée lors de l'approbation de l'avant-projet initial.

Marchés

Accord a été donné à divers projets de marchés concernant :

- le ramassage, la vérification et le transport des recettes d'exploitation du réseau ferré ainsi que des recettes provenant des



Passages anti-fraude type "Pasteur" à la station "Chambre des Députés".

RATP - Ardailion

cabines téléphoniques installées sur ce réseau ;

- l'exécution des travaux d'entretien des voies sur les lignes exploitées du métro ;
- la réalisation et l'installation, sur le réseau ferré, de passages anti-fraude du type "Pasteur".

Budget d'exploitation 1979

Le Conseil a établi la révision du budget d'exploitation de l'exercice 1979 qui, faisant état des résultats de l'exercice 1978 et de ceux des premiers mois de 1979 ainsi que de l'incidence des mesures d'ordre économique ou fiscal intervenues depuis l'établissement des prévisions initiales, aboutit à un montant de dépenses de 6 385 millions de francs.

Les prévisions de trafic, fondées sur un tarif d'application porté à 1,50 franc au 1er juillet 1979, conduisent à fixer le module d'équilibre moyen annuel à 2,36 francs.

L'ENTRETIEN DES VOIES DANS LE MÉTRO

par Jean-Pierre Jougla,
Ingénieur en chef adjoint,
Chef du service de la voie,
à la Direction des services techniques
de la RATP.

L'entretien de la voie désigne toutes les opérations que l'on y effectue dès lors qu'elle est exploitée ; certaines, comme le renouvellement, peuvent modifier sa définition initiale et pratiquement équivaloir à une reconstruction complète.

L'ingénieur de la voie est donc surtout un ingénieur d'entretien ; dans cette activité, sa responsabilité consiste à réunir et à gérer les moyens nécessaires (hommes, outillage, engins, etc.) au maintien d'un certain niveau de qualité de service dans le cadre d'un budget.

Cet article abordera successivement :

- la notion de qualité de service en matière de voie de métro ;
- les particularités du mode d'usure d'une voie de métro ;
- les conditions d'exécution des travaux d'entretien dans un métro ;
- le contenu de l'activité d'entretien, son évolution actuelle, sa gestion, son économie.

Les chiffres cités sont relatifs à des voies récentes du métro de Paris et n'ont qu'une valeur indicative pour les autres réseaux.

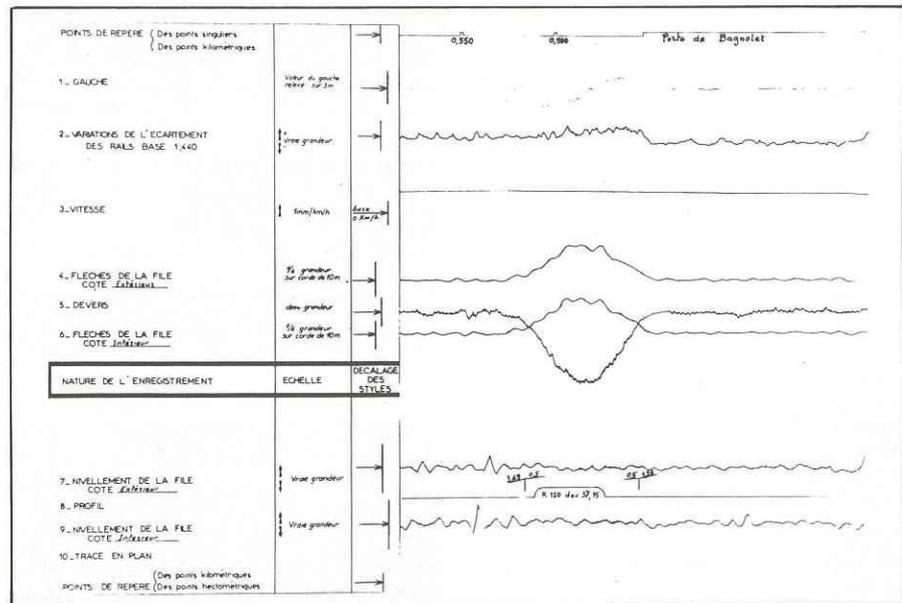
Qualités de service

La disponibilité de la voie peut se caractériser en rapportant le temps cumulé des interruptions de service imputables aux incidents sur la voie, au temps cumulé annuel du service voyageurs ; cette disponibilité doit être très élevée dans un métro où il n'y a pas d'itinéraire de détournement du trafic.

A Paris, entre 1973 et 1977, ce rapport a varié de 1, 2 à 4 milliardièmes, et correspond à un total de 250 à 750 minutes d'arrêt du trafic pour 7 300 heures annuelles d'exploitation du réseau en service voyageurs.

La qualité de la voie ne se mesure de façon concrète que par l'enregistrement géométrique.

Celui-ci peut seul permettre de détecter avec précision les anomalies des tracés (gauches, dévers, écartements, dressages) et constituer l'arbitre nécessaire pour la réception d'une voie neuve ou la récep-



Exemple de relevé MATISA.

tion de travaux effectués sur une voie exploitée.

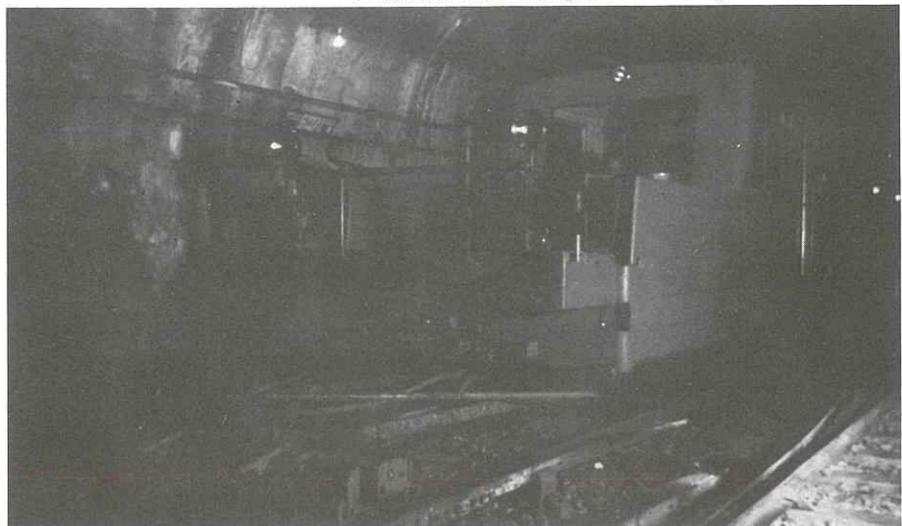
Cet enregistrement est à la base de la gestion de l'entretien des voies ballastées, et notamment pour les grandes lignes de chemin de fer. Il permet d'établir et d'évaluer les programmes de travaux ; il constitue un véritable langage commun entre le commandement qui fixe les tolérances à respecter et le personnel qui exécute les contrôles des opérations.

Une exploitation rationnelle des enregistrements successifs permet en outre de

suivre d'une époque à l'autre l'évolution des voies.

Dans les métros, un emploi exclusif de cette méthode deviendrait lourd, voire superflu ; en effet on ne peut pas, comme sur les grandes lignes, accrocher une voiture à un convoi pour faire le relevé complet d'un itinéraire ; il faut opérer avec une draine spéciale et en dehors des heures du service voyageurs. Par ailleurs, une voie ballastée posée sur un radier en béton est beaucoup moins susceptible de se déformer qu'une voie sur plate-forme talutée.

Draîne MATISA d'enregistrement de la géométrie des voies.



A Paris, un relevé systématique des voies est effectué tous les deux ans. Des relevés supplémentaires sont également réalisés pour contrôler l'exécution de certains travaux. Mais dans le cadre des opérations courantes, un matériel léger et portatif se révèle suffisant.

Le mode d'usure

Sur un réseau de métro, l'usure des voies est hétérogène et localisée dans de nombreuses zones de courte longueur, et notamment dans les courbes. La durée de vie du rail, qui peut atteindre quinze à vingt ans dans les alignements, y est beaucoup plus faible, cinq ans parfois moins, et abrégée surtout par l'usure latérale en file haute.

Cette usure latérale conduit d'une part à généraliser l'utilisation des rails durs en courbe, dont la durée de vie est à peu près le double de celle des rails ordinaires, d'autre part à graisser la voie de façon continue.

Le graissage le plus régulier, le plus économique, est obtenu en équipant le matériel roulant, à raison d'une rame sur dix environ, des dispositifs nécessaires. Les graisseurs de voies fixes sont nombreux (un ou deux par voie et par courbe), et leur charge d'entretien (visite, remplissage, réglage) prohibitive.

L'autre mode d'usure très caractéristique des métros est l'usure ondulatoire.

Elle apparaît préférentiellement dans les courbes, en file basse, associée à une usure latérale en file haute ; la longueur d'onde varie selon l'assise de la voie ; elle est d'environ 4 cm dans le cas d'une pose béton et de 6 à 12 cm dans celui d'une pose ballast. Le délai de son apparition est très variable mais exceptionnellement très réduit. Dans une courbe particulièrement critique du métro de Paris, on a observé par exemple l'apparition d'une usure ondulatoire en deux heures sur une voie meulée. Le creux de l'onde peut atteindre rapidement le dixième de millimètre.

Personne n'a fourni jusqu'à présent à notre connaissance une théorie complète de l'usure ondulatoire. Il est admis néanmoins à l'heure actuelle qu'elle est favorisée :

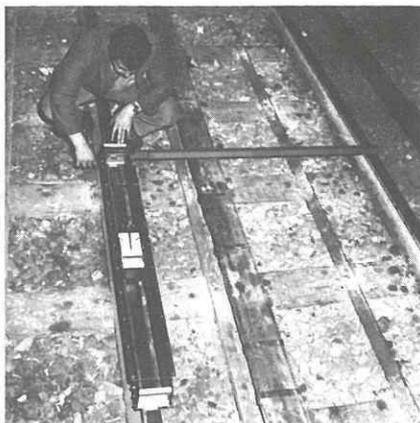


Chariot léger de contrôle des gauches.

Usure ondulatoire d'une voie sur ballast.



RATP - Thibaut



Règle pour relever l'usure ondulatoire.

RATP - Carrier

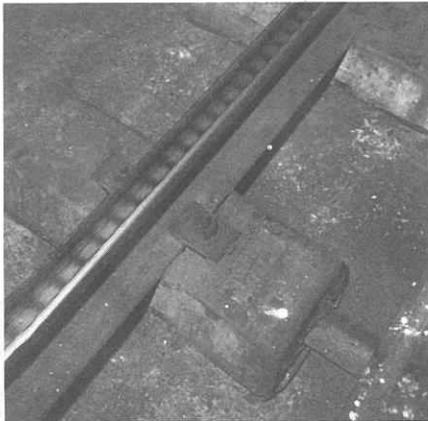
- par l'existence d'un trafic répétitif, ce qui est le cas sur tous les réseaux de métro ;
- par l'utilisation de bogies modernes beaucoup plus raides que les bogies d'ancienne fabrication et qui, notamment, ne présentent aucun jeu dans le parallélisme relatif des deux essieux.

Il semble également qu'elle se produise dans des configurations particulières et

très précises des paramètres géométriques et élastiques de l'ensemble voie-bogie : la réaction du ballast, le glissement du contact rail-roue, le coefficient d'élasticité du châssis de bogie, celui de sa suspension primaire, la valeur des jeux résultant de l'état d'usure des rails et des bandages, etc., interviennent assurément. Enfin et contrairement à ce que l'on a longtemps pensé, le serrage de l'écartement en courbe favorise l'inscription du bogie en diminuant l'angulation relative de son châssis, et peut parfois contribuer à réduire l'usure ondulatoire.

Le mécanisme de l'usure ondulatoire réside probablement dans une oscillation de torsion entretenue de l'essieu attaquant, surtout s'il est moteur. On constate fréquemment qu'elle peut disparaître ou s'atténuer spontanément, par exemple par suite d'un mixage de différents essieux ou par suite d'une sorte d'accoutumance qui se produit au bout d'un certain degré d'usure des rails et des bandages.

L'usure ondulatoire est désastreuse pour l'ensemble de la voie où elle compromet la stabilité du ballast et des attaches, et également pour le matériel roulant ; le bruit émis dans la bande des vibrations solides (22 à 177 hertz), c'est-à-dire des vibrations transmises aux immeubles riverains et susceptibles d'y provoquer des résonances, peut dépasser de 12 à 15 décibels le bruit émis en l'absence d'usure ondulatoire et peut ainsi annihiler l'effet d'amortissement d'une voie béton de type STEDEFF. L'expérience de Paris, où l'usure ondulatoire apparaît fréquemment en des points préférentiels d'un réseau dont le tracé est difficile, montre qu'elle s'amplifie d'autant moins vite que le rail est plus dur. On est ainsi amené à généraliser dans les zones à usure ondulatoire l'utilisation du rail en acier naturellement dur (90 Kg) et



Usure ondulatoire d'une voie sur béton.

exceptionnellement celle du rail au chrome silicium ; **l'utilisation du rail rechargé en surface par soudure rapportée reste encore expérimentale et paraît prometteuse.**

Le seul remède efficace contre l'usure ondulatoire est de nature curative : c'est le meulage. La conviction se fait jour peu à peu néanmoins que le véritable remède, de nature préventive, ne réside pas dans la voie mais dans la conception du bogie ; malheureusement l'étude théorique ne permet pas, au moins jusqu'à ce jour, de déterminer exactement les modifications à apporter aux bogies, et l'étude sur un modèle en vraie grandeur nécessiterait des investissements très importants.

Conditions d'exécution

Pendant l'exploitation, l'activité d'entretien est réduite sur les voies principales, et se borne à des interventions occasionnelles, à des surveillances ou à des travaux de

petit nettoyage. Ce travail nécessite néanmoins la présence en permanence d'un personnel très qualifié qui doit pouvoir faire face à tout incident survenu à la voie : rupture de soudure (souvent liée à une ventilation par grand froid), talonnage d'un appareil de voie par une rame en manœuvre, court-circuit provoqué par une égouttature, etc.. Ce type d'intervention se limite le plus souvent à une réparation rapide et provisoire.

Tout l'entretien effectif se fait pendant l'interruption du service voyageurs, la nuit, sous forme de petits chantiers de trois à quatre heures de durée, ce qui ne permet pas de mobiliser et de déployer de puissants moyens mécaniques. Un réseau de métro n'offre pas, en effet, l'importance et la durée de coupure de voie qu'impliquent la mise en œuvre et l'utilisation économique d'un tel matériel qu'il est en outre difficile d'acheminer sur les chantiers lorsque ceux-ci se trouvent en tunnel.

En l'absence de courant il faut recourir à des tracteurs diesel ou à **accumulateurs** dont la puissance est limitée par le bruit, la pollution, l'encombrement, etc...

Tracteur à accumulateurs en tête d'un train de travaux.



Photo "Robertson"

Dans le réseau de Paris, où ces deux modes de traction sont utilisés, il apparaît difficile de dépasser dans les deux cas, une puissance de 200 à 300 kW.

Il faut signaler qu'on a néanmoins réalisé à Paris, sur des parties aériennes de voies et en gabarit normal (RER), des renouvellements complets voie et ballast progressant en moyenne de 250 m par jour, en travaillant uniquement par phases de trois heures et demie. Une telle performance paraît impossible en tunnel de petit gabarit.

Cependant, d'une façon générale, la mécanisation se borne à celle du meulage, du nettoyage en grand et parfois du bourrage.

La RATP s'est dotée depuis dix ans d'un **train meuleur de 24 meules** qui travaille



Photo "Robertson"

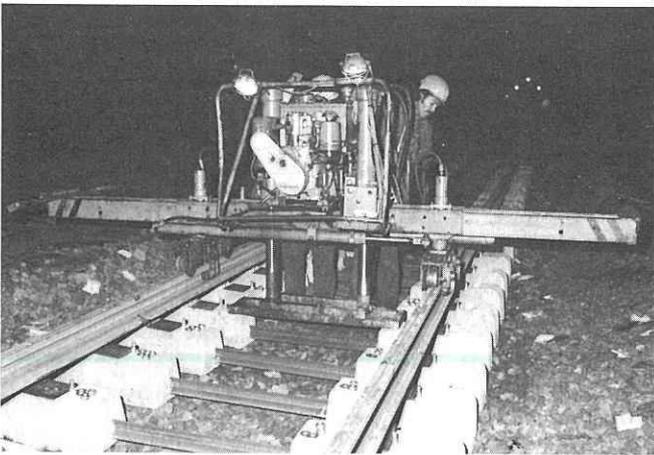
Train meuleur SPENO : vue des groupes de meulage.



Dégarnissage, criblage du ballast.



Déchargement des traverses neuves.



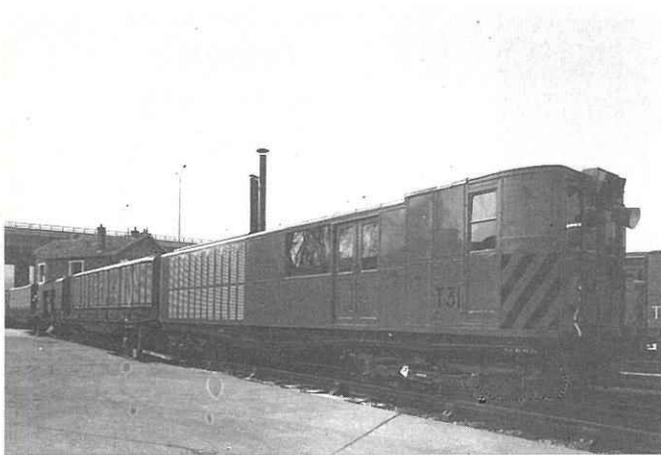
Machine à poser les rails.



Bourrage mécanique.

RATP - Chabrol

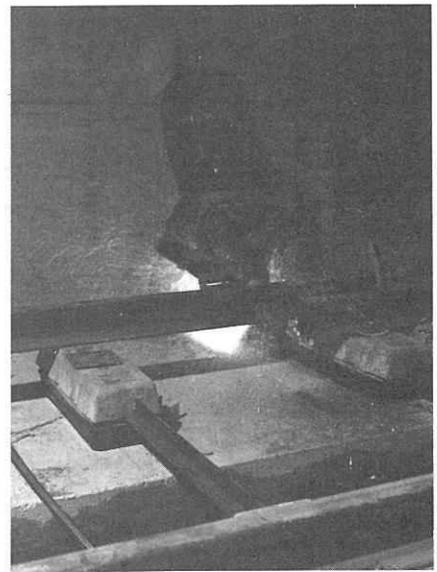
RATP - Atelier photographique



Train aspirateur.

La mécanisation a par contre accompli des progrès importants au niveau des outillages individuels. On peut mettre maintenant à la disposition des ouvriers des appareils de plus en plus puissants, légers et performants (**tirefonneuses, trancheuses, tronçonneuses, etc.**).

Tronçonneuse de rail.



Equipe de bourrage manuel (outillage Jackson).

150 jours par an sur le seul réseau du métro (370 Km de voies principales). Ce programme sera progressivement porté à 250 jours par an. Le meulage, dont l'expérience est maintenant très étendue, se révèle un moyen puissant de lutte contre l'usure ondulatoire, mais il permet aussi d'améliorer le roulement, très vraisemblablement d'économiser sur la consommation des rails et de réduire les nuisances. A titre d'exemple, le meulage préventif sur rails neufs permet de réduire d'environ 10 décibels le bruit rayonné (en voitures et en tunnel).

RATP - Carrier



RATP - Carrier

En ce qui concerne le nettoyage des voies, les difficultés rencontrées, spécialement dans les stations, ont conduit la RATP à construire, il y a une quinzaine d'années, **un train aspirateur de 250 kW**. D'autres réseaux européens ont depuis adopté des trains analogues.

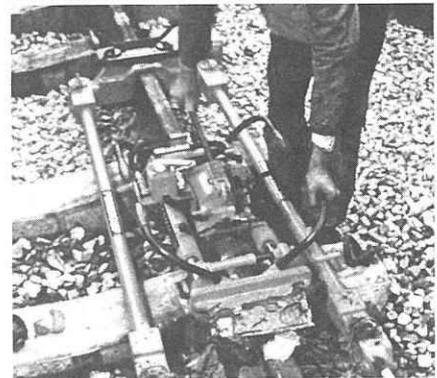
Quant au bourrage, l'intérêt d'une mécanisation sur les voies ballastées d'un réseau de métro n'est par contre pas évident. L'amortissement d'une **bourreuse** nécessite un programme minimum de 300 Km par an. Dans les souterrains, la dégradation du nivellement procède de l'usure du ballast qui est très lente et par ailleurs du bourrage trop fréquent des voies ballastées. Enfin, le bourrage mécanique implique un très bon état du ballast et celui-ci a tendance à se polluer en souterrain. Pour toutes ces raisons, on utilise encore beaucoup le **bourrage manuel avec une machine portable (JACKSON)**, qui est a priori plus chère au mètre de voie bourrée mais qui se révèle plus économique globalement dans le cas où le gabarit du réseau interdit d'utiliser une bourreuse ordinaire en location et oblige donc à fabriquer et à acheter un engin spécial.

RATP - Chabrol



Tirefonneuse.

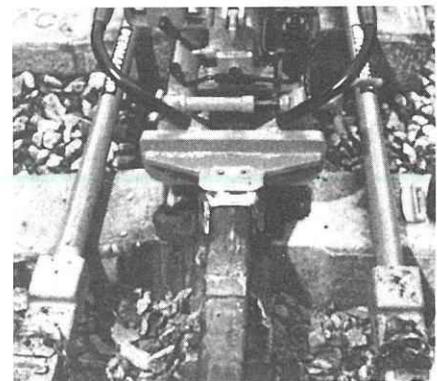
Tranchage mécanique d'une soudure.



RATP - Ardillon



Réalisation d'une soudure aluminothermique de rails.



Analyse d'activité d'entretien

A l'origine du chemin de fer, l'entretien des voies ferrées demandait des terrassiers et des charpentiers ; cet entretien devient maintenant l'affaire des mécaniciens.

Sur les réseaux de grandes lignes, la tendance générale est de supprimer peu à peu, hors des gares et des zones de forte densité d'appareils de voie, l'entretien curatif traditionnel, et d'intensifier l'entretien préventif sous la forme de grandes interventions mécanisées : campagnes de bourrage ou de meulage mécanique, renouvellement complet de la voie et du ballast. Les trains de substitution moderne réalisent couramment 1 200 à 1 600 mètres par jour.

Ce type d'entretien atteint l'optimum économique lorsque les différents composants de la voie sont arrivés, lors de leur renouvellement, à des degrés d'usure à peu près comparables. La différence de niveau de qualité de voie exigée entre les grandes lignes chargées, les petites lignes, les voies secondaires ou de triage, permet en outre d'organiser un réemploi du matériel.

Sur les réseaux de métro, le problème se pose de manière très différente :

- l'usure des voies est hétérogène du fait du tracé tourmenté des réseaux ;
- les réseaux de voies secondaires ou d'ateliers sont insignifiants ;
- la mécanisation lourde est difficile ou impossible à mettre en œuvre et assurément peu économique car elle impliquerait des matériels spéciaux adaptés au travail dans un tunnel de petit gabarit.

Il en résulte que l'entretien programmé est encore largement manuel et peut se décomposer en six activités principales de la façon indiquée ci-après.

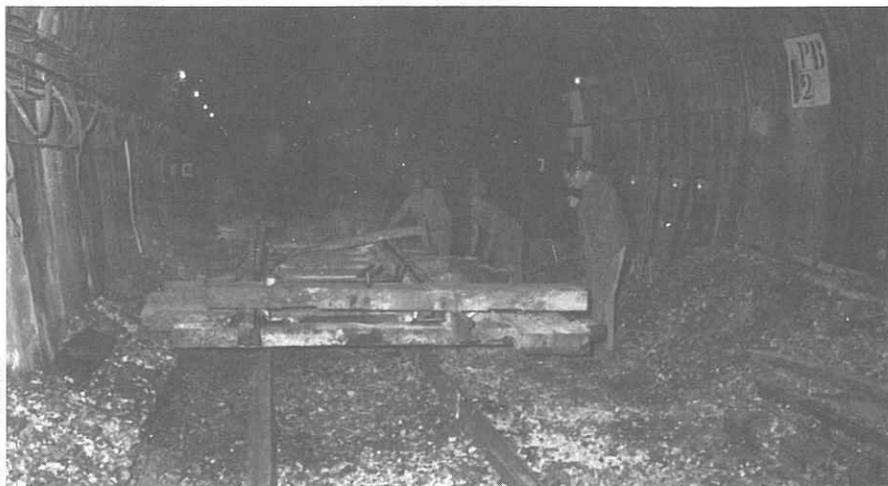
- La révision des voies.

Elle consiste à examiner attentivement l'ensemble mécanique, à contrôler ses jeux, à changer les pièces usées. Cette révision s'effectue en moyenne tous les cinq à sept ans. Dans certaines zones, il est parfois nécessaire d'augmenter cette fréquence (trois, parfois deux ans).

- **La révision des géométries** (uniquement pour les voies ballastées)

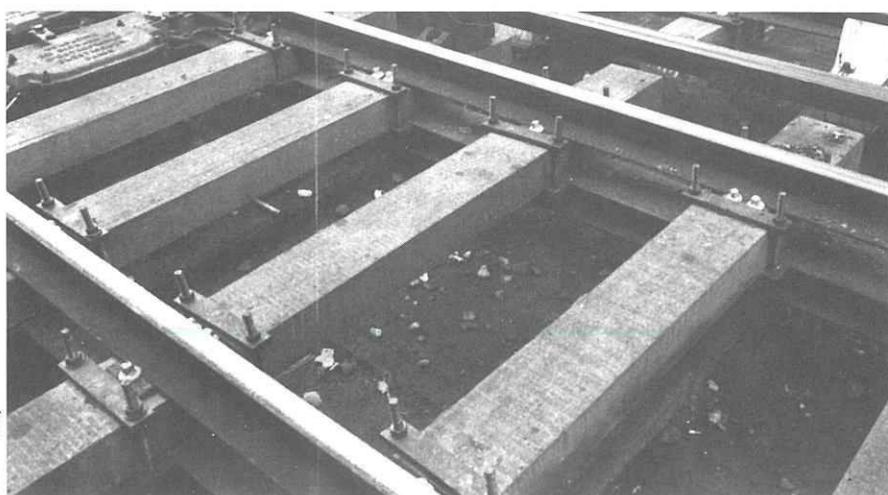


Déchargement de rails de 18 mètres.



RATP - Thibaut

Renouvellement d'appareil de voie.



RATP - Roy

Pose de voie sur poitrails.

Elle consiste à corriger localement les défauts révélés par les enregistrements mécaniques. L'expérience montre qu'une correction rapide des défauts de géométrie améliore la tenue mécanique et est hautement rentable.

- Les changements de rails.

Ils consistent à renouveler les rails sans démontage de la voie, là où l'usure dépasse les tolérances : les tolérances admises à la RATP, sont de 15 mm en usure latérale ou verticale et de 23 mm pour la somme des deux.

- Le renouvellement complet des appareils de voie.

A titre indicatif, il s'effectue à la RATP, à raison de 20 appareils par an environ, pour un total de 1 000, dont 350 environ en voies principales.

- Les campagnes de meulage, de nettoyage et de mesures, etc.

- Les opérations spéciales.

Ces opérations telles que réfection d'un tablier de pont sous voie ou conversion ballast-béton, ne font pas partie de l'entretien à proprement parler.

Ces différents programmes d'entretien doivent être souples car il est parfois nécessaire d'y intercaler des révisions ou des changements supplémentaires imprévus ; dans certains cas, les révisions de voies, les révisions de géométrie et les changements de rails sont simultanés. Néanmoins, la planification globale de l'activité d'entretien fondée sur une bonne information de l'état des voies est le seul moyen de suivre l'évolution de leur usure, qui est très lente, et de réaliser peu à peu des économies budgétaires.

A titre indicatif, et pour le réseau de la RATP, la part prise par chacune de ces activités dans le coût total de l'entretien des voies s'établit de la façon suivante :

- révision des voies	: 18% du coût total de l'entretien
- changement de rails	: 25% du coût total de l'entretien
- campagnes de meulage et de nettoyage, etc.	: 15% du coût total de l'entretien
- renouvellement des appareils	: 9% du coût total de l'entretien
- autres charges	: 33% du coût total de l'entretien
surveillance en exploitation, etc.	



Conversion ballast-béton.

RATP - Thibaut

Le coût d'entretien global peut également s'analyser en fonction des moyens de la façon suivante :

- main-d'œuvre :	58%
- matériel de voie :	18%
- transports et autres charges :	24%

Il faut enfin rappeler que l'assise béton permet, par rapport à l'assise ballast, une économie de l'ordre de 25% dans le roulement pneu comme dans le roulement fer. D'autre part, la voie pneu, dans les deux types d'assises, permet une économie des deux tiers par rapport au roulement fer sur fer.

Conclusion

Tout en bénéficiant des techniques d'investigation et de réparation développées sur les grandes lignes de chemin de fer, l'entretien des voies du métro reste inévitablement fondé sur des interventions manuelles. Celles-ci sont rendues plus efficaces et moins pénibles par suite des progrès accomplis au niveau de l'outillage manuel.

La philosophie qu'on peut en retirer consiste à rechercher beaucoup plus la suppression des activités d'entretien que l'amélioration de leur rendement par la mécanisation. C'est l'un des apports essentiels des voies sur béton et, à un degré très supérieur, des voies à roulement sur pneumatiques.

Exploitation du réseau routier

Prolongement de la ligne 106 A "Joinville (Gare) - Champigny (Rue de l'Égalité)"

Le 19 mars 1979, la ligne 106 A a été prolongée partiellement, du lundi au vendredi, de la rue de l'Égalité jusqu'à la zone industrielle de Champigny. Trois nouveaux points d'arrêt ont été créés. Ce prolongement constitue une section supplémentaire.

Report du terminus de la ligne 444 "Pontoise (Gare) - Osny (Résidence du Vauvarrois)"

Le 31 mars 1979, le terminus de la ligne 444 a été reporté de "Pontoise (Gare)" à "Cergy (Préfecture)". Cette disposition nouvelle a été rendue nécessaire par suite de la mise en service de la gare SNCF de Cergy-Préfecture. La desserte d'Osny entre la Ravinière et la Résidence du Vauvarrois n'est assurée qu'aux heures de pointe du matin et du soir. Cette ligne comporte 2 sections.

Modification de l'exploitation de la ligne 445 A "Pontoise (Gare) - Cergy (Les Linandes)"

Le 31 mars 1979, par suite de l'ouverture de la gare SNCF de Cergy (Préfecture), le terminus de "Cergy (Les Linandes)" de la ligne 445 A a été reporté à "Cergy (Cité artisanale)". Cette ligne n'est exploitée que du lundi au vendredi aux heures de pointe, en direction de Cergy (Cité artisanale) le matin et, en direction de Pontoise (Gare) le soir. Elle comporte deux sections.

Création de la ligne 445 C "Pontoise (Gare) - Cergy (La Justice)"

Le 31 mars 1979, la ligne 445 C a été créée par suite de l'ouverture de la gare SNCF de Cergy (Préfecture) pour assurer une meilleure desserte du quartier de la Justice à Cergy. Cette ligne est exploitée par la Régie au titre d'un contrat d'affrètement et comporte trois sections.

Cergy : la préfecture.



RATP - Chabrol

Création de la ligne 244 "Porte Maillot" - Suresnes (Cité Jardins - Place de Stalingrad)"

Le 1er mai 1979, la ligne 244 a été créée pour assurer une meilleure liaison entre les zones fortement urbanisées de Suresnes et le métropolitain. Cette opération s'inscrit dans le cadre de la restructuration du réseau d'autobus du secteur des Hauts-de-Seine. Cette ligne fonctionne tous les jours et comporte quatre sections.



Terminus des lignes 244 et 244 N à Suresnes.

RATP - Carrier

Création de la ligne 244 N "Porte d'Auteuil - Suresnes (Cité Jardins - Place de Stalingrad)"

Le 1er mai 1979, la ligne 244 N a été créée pour les mêmes raisons que la ligne 244 dont elle constitue une antenne. Elle dessert notamment l'hôpital Ambroise Paré à Boulogne. Elle est également exploitée tous les jours et comporte quatre sections.

Modification de l'exploitation de la ligne 304 "Nanterre (Place de la Boule) - Gennevilliers Cité du Luth (Rue Paul Verlaine)"

Le 1er mai 1979, l'exploitation de la ligne 304 a été modifiée. Le service de cette ligne qui n'était pas assuré les dimanches et jours de fêtes est désormais assuré ces mêmes jours pour répondre aux besoins des habitants des communes desservies.

Etablissement d'une relation entre la gare SNCF du Raincy- Villemomble et de la gare RER de Neuilly-Plaisance

Le 1er mai 1979, par suite de la mise en service de cette nouvelle relation, l'exploitation des lignes suivantes a été modifiée :

- la ligne 114 a été prolongée de Neuilly-Plaisance (Square Jean Mermoz) jusqu'à la gare SNCF du Raincy-Villemomble ; ce prolongement est exploité toute la semaine et constitue trois sections supplémentaires ;
- l'antenne "Villemomble (Mairie) - Neuilly-Plaisance (Plateau d'Avron)" de la ligne 121 a été supprimée ;
- l'antenne "Neuilly-Plaisance (Square Jean Mermoz) - Neuilly-Plaisance (Rond-Point des Demoiselles)" de la ligne 127 a été supprimée ;
- la desserte omnibus entre Villemomble (Mairie) et Rosny 2 de la ligne 221 est désormais exploitée toute la journée ;

- la ligne 245 "Bagnolet (Gallieni) - Neuilly-Plaisance (Plateau d'Avron)" a été supprimée.

Modification de l'exploitation de la ligne 153 B "Saint-Denis (Porte de Paris) - Stains (Moulin Neuf)"

Le 1er mai 1979, le service de la ligne 153 B a été prolongé en soirée jusqu'à 0 h 30 entre Saint-Denis (Porte de Paris) et Saint-Denis (Cité Floréal). Une déviation a été établie par l'itinéraire de la ligne 153 A (rue du Général Joinville, rue Albert Einstein et avenue du Docteur Lamaze) pour desservir l'hôpital Delafontaine à Saint-Denis. Parallèlement à cette opération et en soirée également, la déviation de la ligne 142 comprise entre le carrefour Félix Faure-Strasbourg et l'avenue de Stalingrad, qui assurait la desserte de "Saint-Denis (Clovis Hugues)", a été supprimée.

Modification de l'exploitation de la ligne 344 "Saint-Cloud (Général Leclerc) Courbevoie (Quai du Président Paul Doumer)"

Le 1er mai 1979, l'itinéraire de la ligne 344 compris entre Saint-Cloud (Général Leclerc) et Suresnes (Cités Unies) a été abandonné. Ce parcours représentait deux sections, ce qui réduit désormais à cinq le nombre total de sections sur cette ligne. Parallèlement à cette opération, la ligne 160 a été déviée dans Saint-Cloud par le boulevard de la République et la rue Gounod.

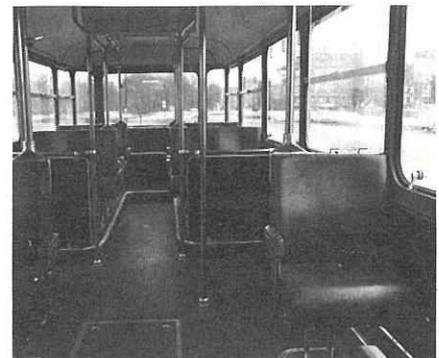
Modification de l'exploitation de la ligne 286 "Porte d'Italie - Fresnes (Rond Point du Président Roosevelt)"

Le 2 mai 1979 à titre d'essai, la ligne 286 a été déviée par l'itinéraire de la ligne 186 entre la Porte d'Italie et le point d'arrêt

"Trois communes" au Kremlin-Bicêtre. Cette déviation s'effectue aux heures creuses du lundi au vendredi. Les voitures empruntent désormais sur ce tronçon l'itinéraire de la ligne 186 par les rues du 14 juillet, Gambetta et Gabriel Péri, et au retour par la rue de la Convention. Ces dispositions étaient déjà appliquées du lundi au vendredi en soirée, les samedis aux heures creuses et en soirée ainsi que les dimanches et jours fériés toute la journée.

Commande de 345 autobus de type "Saviem SC 10 confort"

Une commande de 345 autobus de type "Saviem SC 10 confort" a été passée auprès de la société Renault-véhicules industriels. Ce modèle, qui comporte notamment une banquette en rotonde à l'arrière sera livré entre le 1er septembre 1979 et le 31 juillet 1980. Cette commande s'inscrit dans le programme du renouvellement systématique des autobus en service depuis une douzaine d'années ; elle permettra ainsi de maintenir à six ans la moyenne d'âge du parc autobus qui comprend actuellement près de quatre mille véhicules.

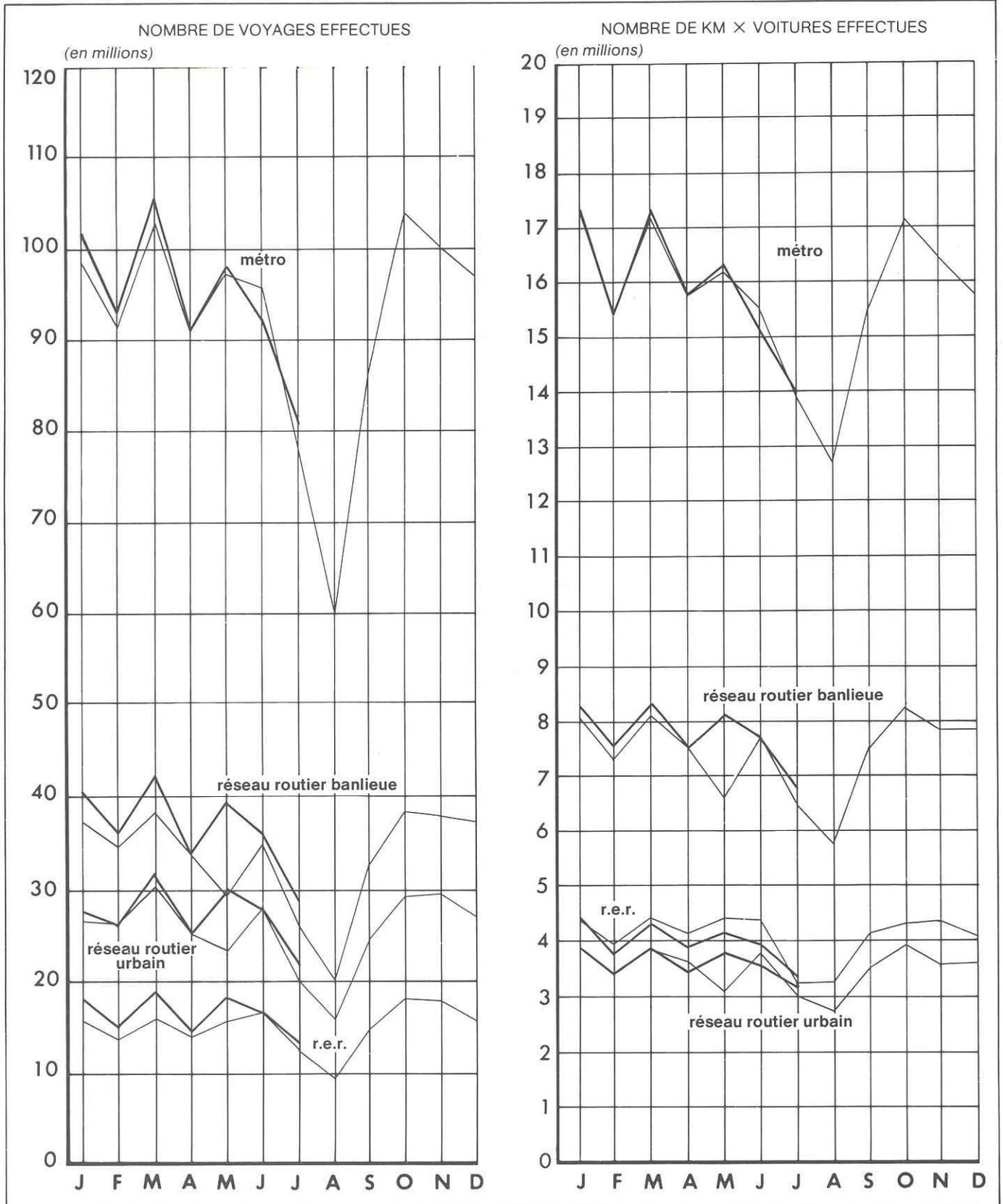


Intérieur du SC 10 type "confort".

RATP - Carrier

TRAFIC ET SERVICE DE L'ANNÉE 1979

(Les courbes en traits fins donnent les résultats des mêmes mois de 1978)





LES TRANSPORTS PUBLICS DANS LE MONDE

NOUVELLES DE L'ÉTRANGER

Berlin-Ouest



Commande de six motrices jumelées de métro à traction triphasee

Depuis 1977, la première voiture de métro au monde à être équipée de la traction par moteurs triphasés circule en service régulier sur le réseau du métro de Berlin-Ouest. Compte tenu des résultats satisfaisants obtenus, la Régie des transports en commun de cette ville vient de commander six motrices jumelées dotées d'un équipement identique à deux constructeurs allemands, ce qui constituera un progrès du point de vue de la standardisation souhaitée aussi bien par les utilisateurs que par les constructeurs. Ces nouvelles voitures seront livrées au printemps 1980.

L'utilisation de cette technique permet de convertir en courant triphasé à tension et fréquence variables le courant continu fourni par le rail de traction et, de ce fait, d'utiliser comme mode de propulsion, le moteur asynchrone triphasé, caractérisé par sa simplicité et sa robustesse. Ses avantages sont multiples : accélération et freinage sans à-coups, simplification de l'entretien, diminution du poids, réduction de l'empattement des bogies. Le freinage à récupération transforme l'énergie cinétique de freinage en énergie électrique mise à la disposition des autres trains. Ceci permet une économie d'énergie de 25 à 30% par rapport à la consommation des trains actuellement en service.

Actuellement, en République fédérale, une soixantaine de voitures de métro ou de tramway à traction triphasée effectuent des essais ou sont en cours de construction pour les réseaux de Berlin-ouest, Nuremberg, Munich, Düsseldorf et Mülheim.

(*Der Stadtverkehr*, janvier 1979 ; *Railway Gazette International*, avril 1979)

Ainsi, après des années de recherches et d'essais en exploitation, la HHA est arrivée à un résultat décisif qui peut servir d'exemple aux autres entreprises de transports publics urbains dans le monde.

(*Verkehr und Technik*, janvier 1979)

Hambourg



Automatisation de la construction et de l'habillage des horaires sur l'ensemble des lignes d'autobus

Depuis la mise en vigueur des horaires d'hiver 1978/79, les horaires et les tableaux de service y compris les tableaux de roulement, sont élaborés automatiquement par ordinateur pour l'ensemble des lignes d'autobus de la Régie des transports en commun de Hambourg (HHA).

La méthode souple utilisée par la HHA offre la possibilité, notamment pour ce qui concerne les tableaux de service, de mieux prendre en considération les intérêts individuels des machinistes. Par ailleurs, il résulte des processus mathématiques d'optimisation adoptés que l'exploitation des lignes peut être assurée d'une manière rentable avec le minimum de voitures et d'agents. Cette méthode offre en outre l'avantage de disposer d'autres fins, et sans dépenses supplémentaires, de données fournies par l'ordinateur, par exemple en ce qui concerne certaines statistiques.

Sofia

Mise en chantier du métro

Les travaux de construction des tunnels de la première ligne du métro de la capitale bulgare ont commencé. Cette première ligne, qui aura une longueur de 7,5 km et comprendra sept stations, reliera le centre-ville à la banlieue Ouest. Elle devrait être mise en service au début de 1986.

Le réseau, qui sera construit avec l'assistance technique des Soviétiques, comprendra trois lignes formant un triangle.

Les trains de six voitures pourront circuler à une vitesse de plus de 100 km/h et se suivront à la fréquence de 85 secondes, chaque voiture transportant 150 voyageurs.

(*International Railway Journal*, février 1979 ;
Rail International, mars 1979)

Séville

Début de la construction du métro

La première des trois lignes du futur métro de Séville est en construction : les travaux de forage du tunnel ont en effet commencé sur une section de 3 km de longueur de la première ligne, entre La Plata et Gran Plaza dans la partie Sud-Est de la ville.

C'est en 1982 que devrait avoir lieu l'ouverture à l'exploitation de la ligne n° 1, qui atteindra alors une longueur de 7 km. Au total, le futur métro sera constitué par trois lignes formant un réseau de 27 km de longueur, avec 39 stations.

Le financement des travaux de génie civil est assuré par l'Etat, alors que le financement du matériel roulant et des équipements incombera à la municipalité.

(*Railway Gazette International*, avril 1979)



Chicago



Installation de la radiotéléphonie dans le métro

Un marché d'une valeur de 9,17 millions de dollars va être passé par la Chicago Transit Authority (CTA) avec un constructeur spécialisé pour l'installation de la radiotéléphonie sur le réseau du métro, dont la longueur atteint 145 km, dont 16 km en tunnel.

Tous les conducteurs, chefs de trains, contrôleurs de lignes ainsi que le personnel des dépôts et des services de direction, seront dotés de radiotéléphones portatifs qui les mettront en liaison directe avec le poste de commande et de contrôle centralisés. Les radiotéléphones des conducteurs et chefs de trains seront équipés d'un dispositif d'alarme. Environ mille appareils portatifs seront nécessaires.

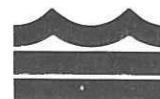
Sur les lignes souterraines, les liaisons seront réalisées grâce à l'installation d'un câble coaxial et des liaisons spéciales avec les policiers et les pompiers sont prévues.

Ce nouveau système de liaison radio, qui utilisera les huit canaux mis à la disposition de la CTA, se substituera aux liaisons téléphoniques avec les trains par l'intermédiaire des rails de roulement, actuellement en fonction.

L'installation de la radiotéléphonie sera achevée dans deux ans : sur les lignes aériennes, le système sera entièrement opérationnel à la fin de l'été 1979 et, sur les lignes souterraines, l'installation du câble coaxial sera terminée en automne 1980.

(*Passenger Transport*, 16 février 1979)

Philadelphie



Dixième anniversaire de la ligne de métro régional de Lindenwold

La PATCO (Port authority transit corporation of Pennsylvania and New Jersey) a célébré le dixième anniversaire de la ligne de métro régional qui relie Lindenwold à Philadelphie. Mise en service en janvier 1969, la ligne avait été prolongée quatre ans plus tard jusqu'au centre de Philadelphie. Longue de plus de 23 km, dont 5 km en tunnel, et comportant treize stations, cette ligne a transportée, en dix ans, plus de 100 millions de voyageurs et, avec un parc de 75 voitures, environ 63 millions de kilomètres-voitures ont été parcourus.

Les jours ouvrables, 70 des 75 voitures sont en service et les trains se suivent à la cadence normale de 7 minutes 30 secondes, la fréquence étant augmentée aux heures d'affluence. Le service est assurée 24 heures sur 24, avec un train par heure la nuit. La productivité de la ligne est la plus élevée parmi les entreprises de transport en commun aux Etats-Unis, étant donné que, grâce à l'automatisation de l'exploitation, la PATCO n'emploie qu'environ 300 agents.

Par ailleurs, les dépenses d'exploitation et d'entretien sont couvertes à 90% par les recettes du trafic, alors que le taux de couverture n'est que de 45% en moyenne pour les autres exploitants aux Etats-Unis.

Deux événements importants auront lieu en 1979 : la mise en service d'une nouvelle station située entre deux stations distantes de près de 5 km, et la livraison de 46 nouvelles voitures.

(*Passenger Transport*, 26 janvier 1979 ; *Railway Gazette International*, février 1979)

Rio de Janeiro

Sortie d'usine de la première voiture de pré-métro

Le 19 décembre 1978, à Bruges, une cérémonie a marqué la sortie d'usine de la première voiture articulée destinée au pré-métro de Rio de Janeiro.

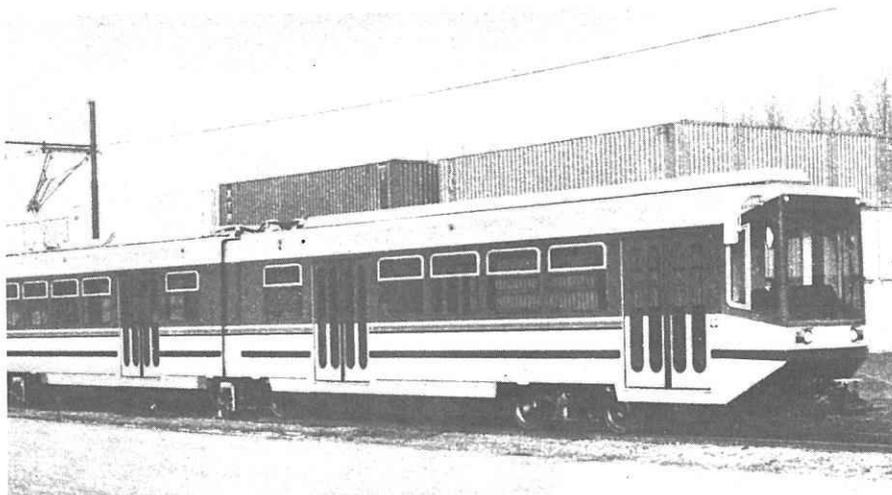
Il y a plusieurs années déjà que Rio de Janeiro avait pris la décision de chercher une solution, pour les déplacements de ses neuf millions d'habitants, aux problèmes toujours croissants de sa circulation urbaine.

A l'issue d'une étude approfondie et sur la base, notamment, de l'expérience acquise en Europe, essentiellement à Bruxelles, l'accord se fit sur la création de plusieurs lignes de pré-métro devant assurer la jonction avec le métro central afin de relier celui-ci à la périphérie. Cette solution comporte l'avantage de réduire le coût des travaux d'infrastructure tout en garantissant une grande capacité de transport avec un haut degré de confort et une excellente vitesse.

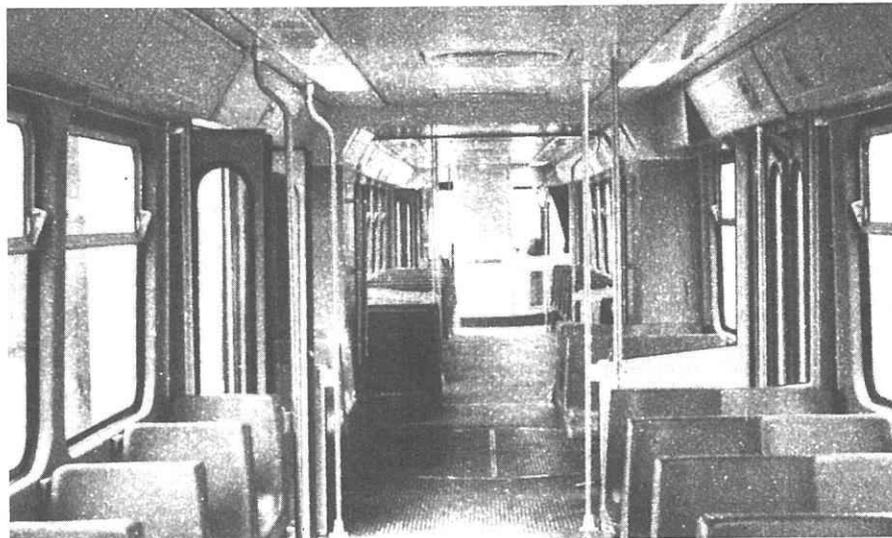
En avril 1977, une commande de 68 voitures articulées était passée à un consortium composé d'une société brésilienne et d'une société belge ainsi que de plusieurs autres firmes européennes choisies comme sous-traitantes dans leur spécialité propre. Sur les 68 voitures prévues, soixante seront construites sous licence au Brésil tandis que les huit autres ont été confiées au constructeur belge et à ses associés européens du consortium.

Les véhicules, en acier, sont du type "unidirectionnel". Leur longueur totale est de 25,18 m et ils peuvent atteindre une vitesse horaire maximale de 80 km. La capacité maximale d'une rame est de 376 voyageurs.

Pour obtenir un train "bidirectionnel", il y a lieu d'accoupler dos à dos deux rames unidirectionnelles. Un train peut être constitué au maximum de quatre rames accouplées, en portant ainsi la capacité totale à 1 264 voyageurs.



Vue extérieure



Voitures articulées du pré-métro de Rio de Janeiro

Vue intérieure

Au début de l'exploitation, une fréquence de cinq minutes est prévue, laquelle pourrait toutefois être réduite en cas de besoin.

Les véhicules peuvent s'inscrire dans des courbes de 25 m de rayon et gravir des rampes de 6%. Ils peuvent être équipés de marches rétractables qui en rendent l'accès possible depuis la rue comme depuis les quais des stations.

Les rames sont équipées de bogies moteur sous les voitures et d'un bogie porteur sous l'articulation. Les bogies sont équipés de suspensions primaire et secondaire à base de caoutchouc. Les moteurs de traction et les équipements de contrôle seront construits sur place.

La puissance de chaque moteur est de 200 kW assurant une accélération maximale de 1 m/s² par voiture chargée normalement. La vitesse de pointe de 80 km/h est atteinte en cinquante secondes.

Chaque essieu est équipé d'un frein à disque et d'un frein magnétique assurant un freinage de service de 1,2 m/s² et un freinage d'urgence de 1,5 m/s².

L'accès au véhicule est assuré de chaque côté par quatre portes à double battant de 1,35 m de largeur. Les sièges en polyester armé sont disposés en rangées de deux et un, et sont placés face au sens de marche.

Santiago du Chili

Extension du métro

Le 21 décembre 1978, un prolongement de la ligne n° 2 du métro a été ouvert à l'exploitation entre les stations "Franklin" et "Lo Ovalle". Cette nouvelle extension, de 4,6 km de longueur et comprenant six nouvelles stations, porte à environ 20 km la longueur du réseau composé de deux lignes. La mise en service d'un prolongement de la ligne n° 1 (5 km) est prévue pour 1980.

(Der Stadtverkehr, mars 1979)

Nagoya

Nouvelle extension du métro

A Nagoya, le prolongement de la ligne n° 3 de Yagoto à Alka-Ike, prélude à l'envoi en 1979 des convois du métro à Toyota par une ligne en construction du réseau privé Meitetsu, a été mis en service le 1er octobre 1978. Longue de 5,6 km et comportant quatre stations intermédiaires, la nouvelle section est établie pour les quatre cinquièmes en viaduc, alors que le reste de la ligne est en souterrain. La desserte s'effectue par trains de quatre voitures, qui sont des automotrices à hacheurs. La longueur du réseau de métro de Nagoya s'élève à présent à 51,7 km.

(La Vie du Rail, 4 février 1979)

Tokyo



Mise en service d'une nouvelle ligne de métro

Le 1er août 1978 a été inaugurée à Tokyo par le réseau TRTA (Teito Rapid Transit Authority) une section de 2,7 km de la ligne n° 11. Cette nouvelle section est exploitée en interpénétration intégrale avec la section de la même ligne appartenant au réseau privé Tokyu et inaugurée en avril 1976. Provisoirement, et jusqu'à l'achèvement prévu pour l'automne 1982 de la partie TRTA de la ligne, le matériel roulant du réseau Tokyu assure exclusivement la desserte. Les trains de six voitures circulent avec un intervalle variant de 4 minutes à 7 minutes 30 secondes. A Omotesando, seule station intermédiaire, des correspondances sur le même quai sont établies avec la ligne de Ginza (n° 3). Par ailleurs, le coût énorme de la construction - 53,6 milliards de yen - mérite d'être mentionné.

(La vie du Rail, 4 février 1979)

