

LE TRAMWAY SAINT-DENIS-BOBIGNY

Ligne ferrée de rocade de la région Ile-de-France

E. AZRIA

Ingénieur Arts et Métiers
Ingénieur chef de Division

J.-P. BONNEUIL

Ingénieur
Inspecteur Principal divisionnaire

Département des Infrastructures et Aménagements
RATP

Dès 1976, le schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme de la région d'Ile-de-France insistait sur le nécessaire développement des rocades de banlieue à banlieue en transport en commun. Cette volonté, réaffirmée avec plus de force encore dans le nouveau schéma actuellement en cours de discussion, sera prochainement illustrée par la mise en service de la liaison Bobigny-Saint-Denis.

Après une éclipse de plus de cinquante années, le tramway refait, en cette circonstance, son apparition en Ile-de-France. Il n'a, bien sûr, pas grand rapport avec son ancêtre, et, sous une forme totalement modernisée, il a récemment fait ses preuves dans les rues de Nantes et de Grenoble, avec le succès que l'on sait; gageons que l'expérience francilienne le confortera.

Mais le tramway Bobigny-Saint-Denis, c'est aussi l'occasion de montrer qu'un nouveau partage de la voirie plus favorable aux transports collectifs est possible et peut aller de pair avec une amélioration de l'environnement de la cité.

En effet, outre ses fonctions de transport: rocade, maillage des réseaux lourds, liaison entre pôles, la nouvelle ligne est aussi le support d'un aménagement urbain de grande qualité, fruit du concours de multiples volontés et démonstration éloquentes d'une synergie réussie entre la ville et les transports publics.

Développer les moyens de transport en les adaptant progressivement aux nouveaux besoins de la région d'Ile-de-France, est l'un des objectifs principaux de la RATP.

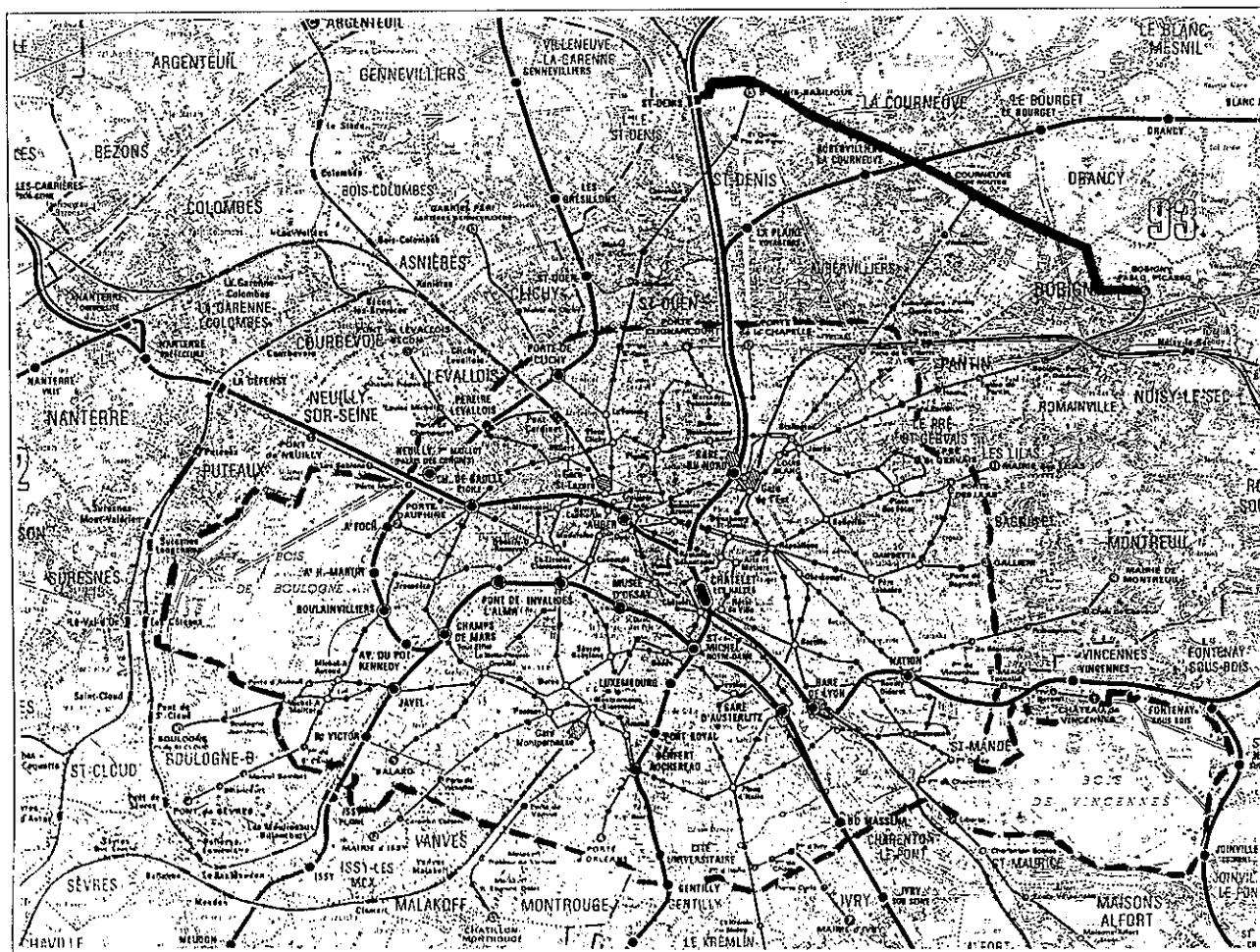
Les mutations profondes intervenues dans la structuration de la banlieue, la constitution de nouveaux pôles d'habitat et d'emplois, la création d'équipements administratifs et commerciaux, ont changé radicalement les modes de vie des habitants de la région et ont engendré des besoins de déplacements souvent mal satisfaits par les transports en commun, traditionnellement orientés vers Paris. Face à cette évolution, la RATP, à l'initiative des pouvoirs publics, a mis en œuvre une politique de modernisation et de développement de son réseau. Celle-ci est axée notamment sur la recherche d'une complémentarité de l'ensemble des moyens de transport en commun de la région.

J. ROUSSET

Vice-Président
Syndicat des Transports Parisiens

Plan de situation.

Location map.



1 — LES ENJEUX DE LA CONCEPTION

1.1 — Une liaison de rocade

On observe actuellement sur les liaisons banlieue-banlieue de la région Ile-de-France une attractivité insuffisante des transports en commun alors que le Schéma Directeur d'Aménagement et l'Urbanisme de la région Ile-de-France de 1976, puis le projet de 1980, affirment une priorité pour les liaisons de ce type en sites propres. La RN 186, axe historique de liaison entre des pôles anciens renforcés dans leur rôle par des actions de restructuration entamées dans les années 1960 (emplois, équipements publics, centres commerciaux...), tient une place essentielle dans la conception des modes de liaisons.

La RN 186 a fait ainsi l'objet d'études systématiques d'aménagement tant dans les Hauts-de-Seine (site propre pour autobus partiellement réalisé) que dans le Val-de-Marne (projet Trans-Val-de-Marne) et dans la Seine-Saint-Denis, pour le présent projet. L'étude de faisabilité fut engagée au début de l'année 1982 pour une section de site propre comprise entre Saint-Denis et Bobigny, en raison des densités de population qu'elle traverse et du bon maillage qu'elle permet avec les réseaux de métro et de la SNCF.

Le projet de « rocade tramway entre Saint-Denis et Bobigny » illustre particulièrement bien les objectifs suivants :

- augmentation de l'efficacité des réseaux de transports en commun notamment par des correspondances avec trois lignes de métro (ligne 13 à Saint-Denis-Basilique, ligne 7 à La Courneuve-8 mai 1945 et ligne 5 à Bobigny-Pablo Picasso), avec le réseau Nord de la SNCF (gare de Saint-Denis) et la grande ceinture SNCF si celle-ci était réouverte au service voyageurs (à hauteur du pont Repiquet);
- avantages résultant de l'effet structurant de l'axe urbain qu'est devenue progressivement depuis une quinzaine d'années, la RN 186. En effet, c'est une véritable « ligne de vie » qui est en train de se dessiner entre la cité historique de Saint-Denis et la capitale administrative de Bobigny. Ce projet relie les 230 000 habitants des communes de Saint-Denis, La Courneuve, Drancy et Bobigny et dessert de nombreux sites industriels, administratifs et culturels qui représentent 110 000 emplois. Par cette ligne de rocade, le premier tramway d'Ile-de-France marque la volonté de toute une région de rompre avec les traditionnels schémas centrés sur Paris.

1.2 — Un tramway

Il convenait de rechercher un mode de transport qui, par sa qualité de service

et par son image auprès des utilisateurs potentiels, permette d'atteindre des objectifs se rapprochant le plus possible de ceux du métro tout en présentant un coût moindre. Le trafic prévisible sur cet axe, bien qu'élevé (2 500 voyageurs à l'heure de pointe du matin et dans le sens le plus chargé conduisant à 55 000 voyageurs par jour et 15 millions par an), reste néanmoins faible pour justifier des infrastructures souterraines très coûteuses.

Sur la base des objectifs fixés pour cette nouvelle liaison, trois modes furent comparés : l'autobus, le trolleybus et le tramway. C'est en définitive la solution tramway qui fut retenue pour plusieurs raisons, toutes liées à l'excellente attractivité du mode qui présente les avantages ci-après :

- dans le public, image moderne associée aux concepts de confort, de régularité et de rapidité, le tramway est un mode de transport silencieux et propre;
- le tramway participe à une meilleure utilisation de l'espace public dans les zones qu'il dessert; il valorise les tissus urbains qu'il traverse et permet ainsi de maintenir et de développer les activités et l'habitat;
- il ouvre des perspectives nouvelles pour le développement des transports publics en banlieue et également pour l'exportation.

1.3 — Une maîtrise d'ouvrage

Cette opération a fait l'objet d'un schéma de principe pris en considération par le Syndicat des Transports Parisiens (STP) le 19 avril 1984, d'une déclaration d'utilité publique en date du 18 décembre 1984. Par délégation du STP, la RATP est maître d'ouvrage de l'opération Tramway, assistée dans cette mission par plusieurs maîtres d'œuvre :

- la DDE de la Seine-Saint-Denis pour la voirie sur RN 186;
- les services techniques de Saint-Denis et Bobigny pour leurs voiries communales respectives;
- la SNCF pour la traversée des voies de la grande ceinture (pont Repiquet);
- la RATP assure quant à elle la maîtrise d'œuvre du site propre ainsi que des équipements, des aménagements et de la pose des voies ferrées.

Un souci d'esthétique d'ensemble et de traitement global de l'environnement anime cette réalisation qui sera mise à profit pour donner une image cohérente des lieux; c'est pourquoi la RATP et le Conseil Général de la Seine-Saint-Denis ont confié au Cabinet d'architectes Chemetov-Huidobro assisté du Bureau des Paysages une mission d'assistance et de conseil pour les aménagements esthétiques de la ligne.

2 — LES DÉFIS DE LA RÉALISATION

2.1 — Les infrastructures

D'une longueur de 9 003 m entre la gare de Saint-Denis et le terminus de la ligne 5 du métro à Bobigny, le tracé traverse le centre ville de Saint-Denis par la voirie communale puis la ZAC qui borde la Basilique Royale, avant d'emprunter, sur 5,6 km, la RN 186 sur laquelle il traverse deux pôles importants de La Courneuve qui sont le quartier de la Mairie (ZAC de la Convention) et celui dit des 4 Routes. Il pénètre enfin dans la voirie communale de Bobigny pour gagner son terminus, puis rejoindre, par une voie unique de service sur 800 m les garages et ateliers communs avec ceux de la ligne 5 du métro.

Vingt et une stations, dont l'interdistance moyenne est de 450 m, jalonnent le parcours (fig. 1).

L'infrastructure de la ligne de tramway est constituée par un site propre aménagé au niveau du sol sur l'ensemble du tracé et exclusivement réservé aux transports en commun, hormis une section dans le centre de Saint-Denis (rue Delaune) qui est traitée en voie mixte piétons-transports collectifs.

Le site propre est isolé de la circulation générale, sauf au niveau des carrefours, par des séparations de 0,40 m de large et 0,15 m de vue munis tous les 2,80 m de bornes basses coniques ou chasse-routes pour empêcher toute intrusion.

L'aménagement du site propre doit s'inscrire sur la plus grande partie du parcours dans les emprises de voiries existantes ou élargies selon les réservations des plans d'urbanisme, tout en permettant d'assurer le maintien ou l'amélioration des fonctions habituelles de ces voies urbaines (cheminement des piétons, circulation générale, livraisons, desserte des riverains, stationnement des véhicules, plantations).

L'insertion dans la voirie se fait suivant deux types d'aménagement : axial ou unilatéral.

- **Axial** : la plate forme du tramway est installée dans l'axe de la voie sur la majeure partie de l'itinéraire.

Elle a l'avantage de ne pas perturber les différentes activités riveraines et leur desserte. L'organisation des carrefours ne pose pas de problèmes majeurs à condition de limiter les mouvements de tourne-à-gauche, au besoin par des aménagements dans les plans de circulations locaux.

La circulation générale se fait sur deux chaussées séparées à sens unique de part et d'autre du site propre dont la largeur varie de une file (3 m à 3,20 m) sur certaines voies communales de Saint-Denis et Bobigny à deux files (5,20 m à 6 m) sur la RN 186.

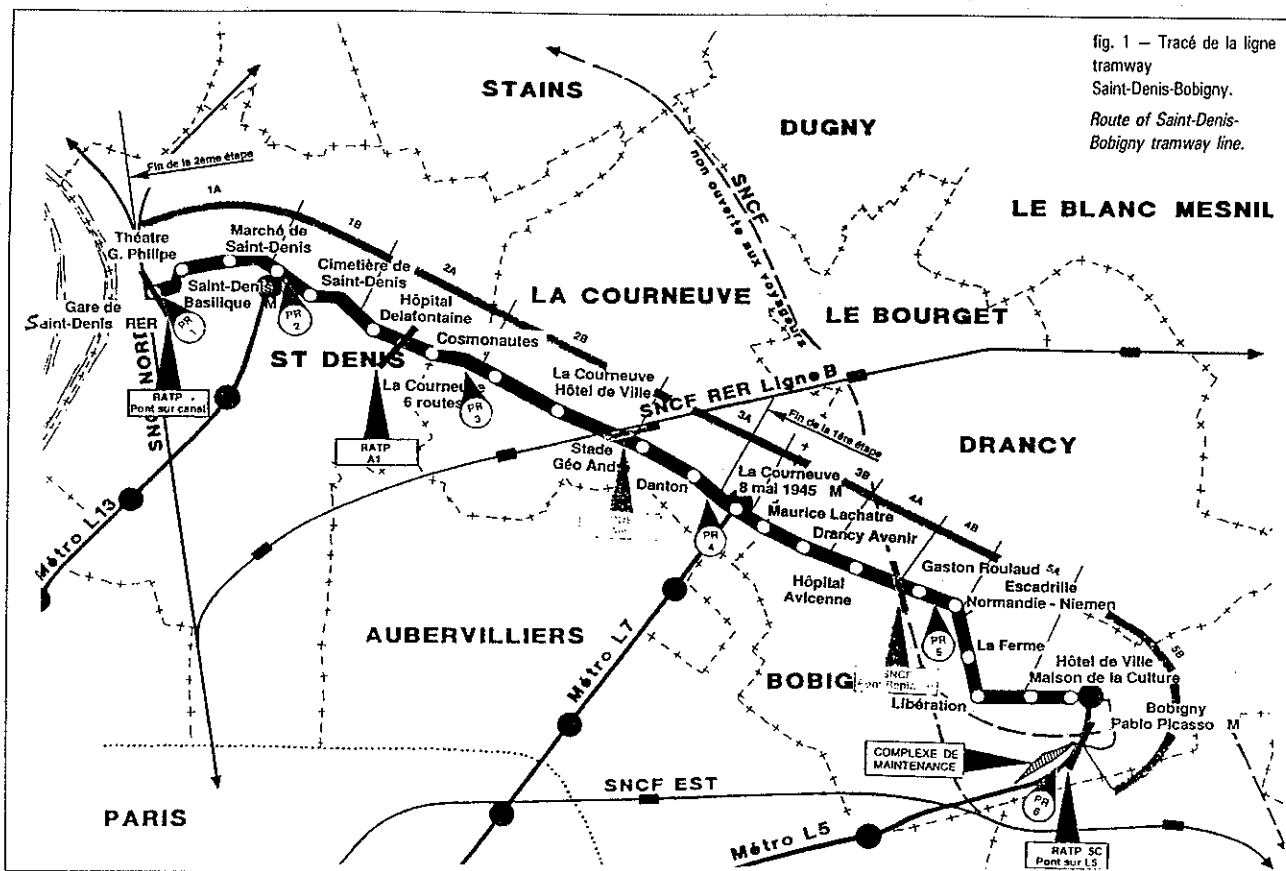


fig. 1 — Tracé de la ligne tramway Saint-Denis-Bobigny.
Route of Saint-Denis-Bobigny tramway line.

Au droit des stations, le site propre comporte une sur largeur obtenue éventuellement par suppression du stationnement.

• **Unilatéral:** la plate-forme du tramway est implantée sur un côté de la voie urbaine qui présente ainsi une dissymétrie dans son fonctionnement, sensible en particulier au niveau de l'organisation des carrefours.

Cette disposition est envisagée de préférence dans les voies à sens unique, ou lorsque les propriétés riveraines n'ont pas d'accès du côté du site propre.

C'est le cas des sections implantées le long du parc de la Légion d'Honneur (rue de Strasbourg à Saint-Denis) le long du mur de l'hôpital Avicenne (rue de Stalingrad à Bobigny) et le long du parc urbain de l'Hôtel de Ville et du centre commercial de Bobigny (boulevard Lénine et Maurice-Thorez (fig. 2 et 3).

2.1.1 — Caractéristiques géométriques du site propre

2.2.11 — Tracé en plan

Le tracé en plan doit comporter un nombre limité de courbes, de rayon aussi grand que possible pour:

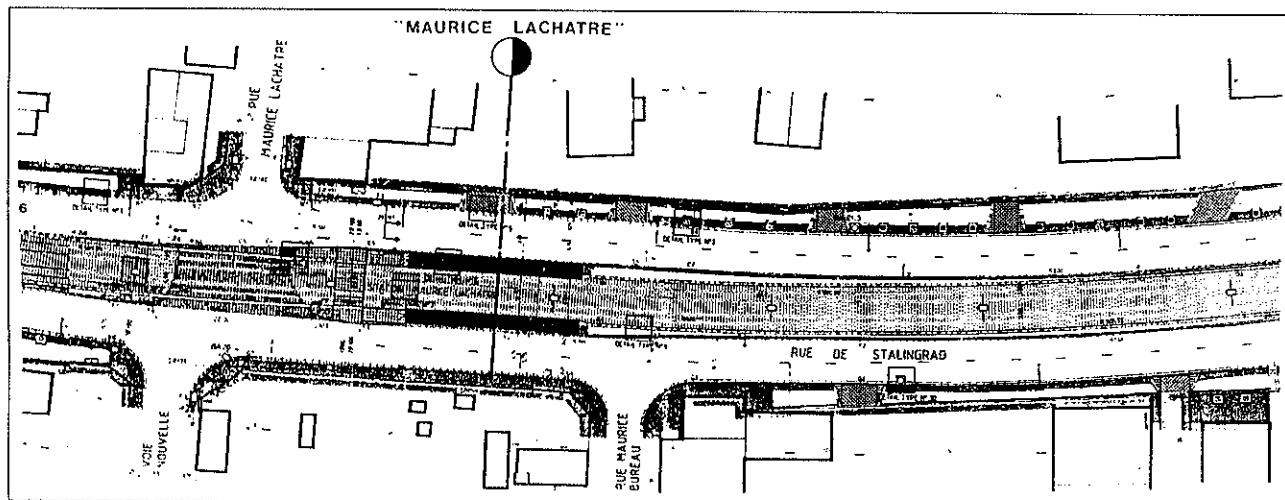
- satisfaire aux normes de confort des voyageurs;
- permettre une vitesse commerciale maximale;
- limiter les usures de la voie ou des rames du matériel.

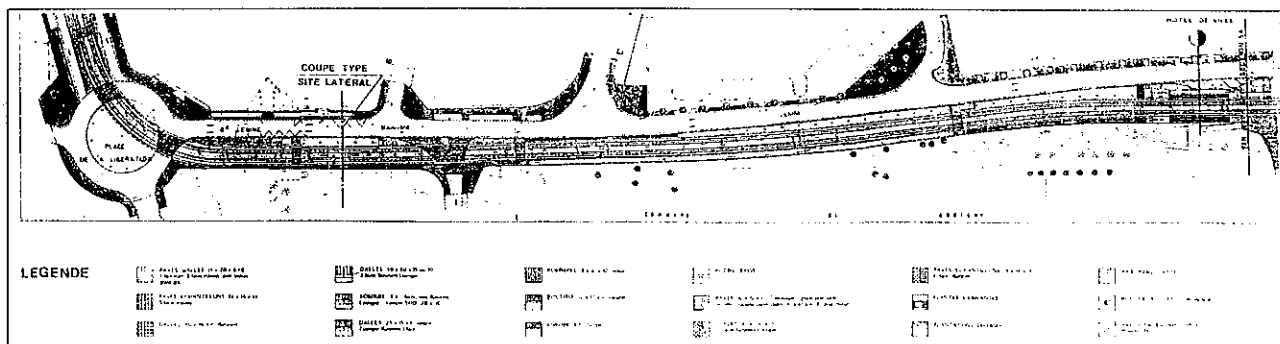
Toutefois, les contraintes d'insertion en voirie, particulièrement dans les centres urbains anciens comme Saint-Denis imposent des tracés relativement sinueux.

Sur la voie principale le rayon minimal est de 30 m au droit de l'église Neuve à Saint-Denis.

fig. 2 — Disposition axiale du site propre avec deux files de circulation de chaque côté de la RN 186 à Bobigny.

Axial arrangement of right of way with two lanes on each side of highway RN 186 in Bobigny.





Dans les courbes la voie n'a pas été mise en devers car ces courbes se situent la plupart du temps en carrefour.

Dans tous les cas, les sections en courbe du tracé sont raccordées aux sections en alignement droit par des courbes de transition du type clothoïde pour un meilleur confort des passagers.

2.1.12 — Profil en long

Le profil en long résulte, d'une part de la nécessité de suivre au plus près le niveau des voiries empruntées et, d'autre part, des performances du matériel roulant. Les déclivités sont normalement limitées à la valeur de 6 % (rampes Est d'accès au pont Repiquet).

2.1.13 — Profil en travers

En section courante, l'emprise technique nécessaire au passage du tramway est définie à partir de deux éléments :

- le gabarit dynamique du matériel roulant ;
- les déviations de la voie (résultant de l'implantation des mâts support de la ligne aérienne de contact et des courbes du tracé).

Ainsi, l'emprise d'une voie double en alignement est de 5,55 m au minimum ; elle atteint 5,80 m lorsqu'il est prévu d'implanter des supports de ligne aérienne de contact axiaux.

Au droit des stations, l'implantation des quais nécessite un supplément d'emprise :

- quais latéraux de 2,50 m ou 2,10 m chacun, face à face ou décalés ;
- quai axial de 3 m (station mairie de La Courneuve).

L'emprise du tramway doit être augmentée de chaque côté de 0,40 m pour l'implantation des séparateurs physiques.

La hauteur libre minimale à dégager sous un ouvrage, entre le plan de roulement et la sous-poutre est de 3,90 m. De part et d'autre d'un tel ouvrage, il convient de dégager rapidement un gabarit plus important, en sachant que la variation relative admissible de la hauteur du plan

de contact par rapport au plan de roulement est de 3 %.

2.1.2 — Les travaux de génie civil

Les travaux de génie civil comprennent :

- la démolition et la libération des emprises ;

- les déviations des réseaux publics ou concessionnaires ;
- les remaniements des voiries ;
- les terrassements et l'équipement de la plate-forme du site propre (multitubulaire, assainissement, fondations des massifs support de la ligne aérienne, sous-couche de fondation de la voie, pose de séparateurs et revêtement des quais de station) ;
- la pose des voies ferrées ;
- la construction d'ouvrages d'art (cinq ouvrages d'art construits ou modifiés).

2.1.21 — Travaux de démolition et de libération des emprises

Pour établir le site propre continu, il a été nécessaire de procéder à des expropriations assez conséquentes, entraînant des démolitions d'immeubles et de pavillons ainsi que des rescindements de clôtures situées pour plus de la moitié sur la commune de La Courneuve. Les élargissements retenus figuraient dans les différentes itérations des plans d'occupation des sols au titre des élargissements de voirie.

Le tableau I donne les principales indications sur le caractère des expropriations :

Longueur cumulée des sections	2 600 m
Nombre de parcelles	107
Surface des terrains	35 000 m ²
Surface de plancher	15 000 m ²
Nombre de logements	127
Nombre d'activités commerciales	32

tableau I table I

Le passage du tramway le long du parc de la Légion d'Honneur a nécessité, en particulier, un transfert de domanialité de près de 1 000 m² et la reconstruction du mur d'enceinte dans la même architecture.

fig. 3 — Disposition unilatérale du site propre boulevard Lénine à Bobigny.

One-way arrangement of right of way on Boulevard Lénine in Bobigny.

2.1.22 — Les travaux de déviations de réseaux publics ou concessionnaires

Le principe de base pour établir le projet a été de dégager les réseaux existants dans l'emprise de la plate-forme du tramway situés à moins de 1,30 m au-dessous du niveau du rail. Cependant, certaines traversées ponctuelles et une conduite d'eau de 1,25 m de diamètre font exception à cette règle en raison de l'importance et du coût du déplacement à envisager ; des aménagements des fondations de la plate-forme ont été prévus localement pour résoudre ces problèmes.

Ces travaux, sans difficultés particulières sur le plan technique, posaient un problème juridique et financier à savoir qui des concessionnaires ou du maître d'ouvrage devait assumer la charge financière (90 MF) du déplacement des réseaux.

Considérant que ces travaux sont entrepris dans l'intérêt du domaine public occupé et qu'ils constituent une opération d'aménagement conforme à la destination de ce domaine, les gestionnaires des voies ont mis les concessionnaires en demeure de se déplacer à leur frais. Pour ne pas retarder la réalisation de ce projet, les concessionnaires ont accepté d'exécuter leurs travaux sans attendre le résultat du contentieux dont le tribunal administratif a été saisi.

2.1.23 — Les travaux de remaniements de voiries

Les rétablissements de voiries sont adaptés au rôle qu'elles doivent jouer compte tenu de leur trafic existant et prévisible : sous-dimensionnées en largeur, leur encombrement se répercuterait dans les carrefours et nuirait à la fluidité des circulations ; surdimensionnées, elles alourdiraient le coût de l'opération tout en rendant plus difficile l'insertion urbaine du projet. Il n'y a donc pas de modèle unique sur les 9 km du linéaire, les chaussées varient de une file dans chaque sens de part et d'autre du site propre sur certaines voies communales de Saint-Denis et Bobigny à deux files par sens sur la RN 186.

La multiplication des traversées du site propre par les circulations routières ne peut que nuire à la vitesse commerciale du tramway; mais, *a contrario*, le site propre est urbain et ne peut être une barrière infranchissable. Des points de retournement des véhicules routiers ont été définis le long du parcours: certains existaient déjà, d'autres ont été créés. Les travaux de voiries étant de même nature que ceux du génie civil de la plate-forme et largement imbriqués avec ceux de la pose de voie notamment dans la traversée des carrefours il a paru plus rationnel de passer des marchés de travaux gérés par plusieurs maîtres d'œuvre:

Lot 1 — Voirie: maîtrise d'œuvre confiée au gestionnaire de la voirie concernée.

Lot 2 — Génie civil de la plate-forme et pose de voie: maîtrise d'œuvre conservée par la RATP.

Ces travaux ont été scindés en sept sections, confiées après appels d'offres à des Groupements d'entreprises spécialisées, notamment en travaux de voirie et de voie ferrée, suivant le découpage indiqué au tableau II.

Le phasage de ces travaux a été établi en tenant compte des contraintes résultant du maintien:

- de la circulation automobile;
- des cheminements piétons;
- des accès aux propriétés riveraines et commerces.

Le déroulement des travaux dans le cas du site propre axial (68 % du traca) a été conçu en deux phases:

Phase A:

- la circulation automobile est maintenue dans les deux sens sur la voirie existante;
- réalisation d'une voirie adjacente au site propre.

Phase B:

- basculement de circulation sur la nouvelle voirie construite avec deux sens

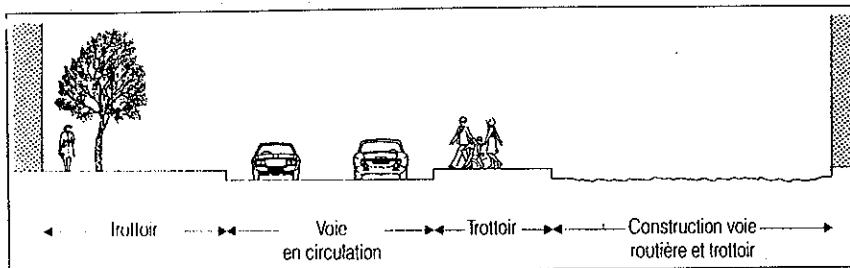
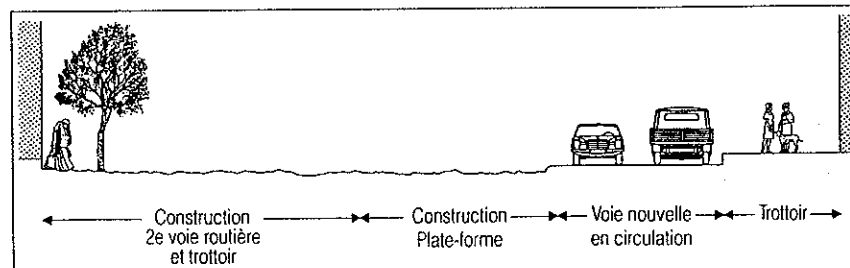


fig. 4 et 5 — Déroulement des travaux en site propre axial. *Work phases on axial right of way.*



de circulation si cette voirie dégage une largeur de 6 m ou mise à sens unique dans le cas contraire;

- construction de la deuxième voirie et du site propre;
- rétablissement de la circulation sur les nouvelles voiries (fig. 4 et 5).

Préalablement à ces travaux, dès 1986, le Laboratoire Régional de l'Est Parisien (LREP) a été chargé de la reconnaissance du tracé afin de fournir à la RATP des éléments pour la définition des plates-formes de voies ferrées et à la DDE de la Seine-Saint-Denis le dimensionnement de ces chaussées.

Ainsi, les sols de fondation ont fait l'objet de vingt-six sondages manuels, à des profondeurs voisines de 1,20 m. Ces sondages, complétés par vingt-six carottages (diamètre 150 mm) ont également permis la reconnaissance des corps de chaussée. L'ensemble de l'itinéraire a été ausculté au deflectographe LPC et reconnu par un relevé d'état visuel.

Les conclusions de cette étude conduisent à adopter une classe de plates-formes PF 1 et un trafic T 1 sur la RN 186 qui, parmi les structures proposées au catalogue 1977 des structures types de chaussées neuves, impliquent le choix suivant:

8 cm béton bitumineux 25 cm grave-laitier	ou	8 cm béton bitumineux 15 cm grave-bitume 28 cm grave-laitier
22 cm grave-laitier ou sable-laitier (classe D)		

tableau III *table III*

L'établissement du site propre « Tramway » entre Saint-Denis et Bobigny a nécessité la reconstruction de 175 000 m² de chaussées et trottoirs, ce qui rend compte de l'ampleur de cette opération conduite au travers d'un tissu urbain particulièrement dense.

2.1.24 — Les travaux de terrassement et d'équipement de plate-forme du site propre

En décembre 1989, avant le lancement des premiers travaux, la RATP a demandé au LCPC de Nantes un dimensionnement de l'assise du tramway. Ce calcul tridimensionnel aux éléments finis a été mené à l'aide du programme CESAR et a conduit aux conclusions suivantes:

- une dalle en béton armé de 2,20 m × 0,16 m sous les rails;
- une fondation de référence de 0,30 m de grave-ciment pour un sol de type PF 1;
- un épaissement de la grave-ciment à 0,50 m à proximité des joints de fabrication de la dalle en béton armé (tous

tableau II

table II

Sections	Gestionnaire de la voirie	Longueur	Durée des travaux	Date de début des travaux
1A	Ville de Saint-Denis	1 300 m	12 mois	Août 1991
1B	Ville de Saint-Denis	799 m	9 mois	Juin 1991
2A	DDE 93	1 164 m	10 mois	Novembre 1991
2B	DDE 93	1 195 m	10 mois	Novembre 1991
3A	DDE 93	907 m	10 mois	Février 1991
3B, 4A	DDE 93	1 281 m	12 mois	Mai 1990
4B, 5A, 5B	Ville de Bobigny	2 796 m dont 800 m de voie unique	14 mois	Octobre 1990

les 30 m, 1 m de part et d'autre du joint) (fig. 6).

La réalisation de la plate-forme débute par le terrassement d'une fouille de 6,50 m de large sur 0,65 m de profondeur. Ensuite, est mise en place l'assise de la plate-forme constituée par une couche de grave-ciment de 0,30 m d'épaisseur.

Sur le côté de la plate-forme, une tranchée est creusée dans laquelle est placée un bloc multitubulaire de 0,40 m x 0,50 m constitué de 12 Ø 60 et 3 Ø 80 destinés à recevoir les câbles indispensables à l'exploitation du tramway (alimentation électrique, éclairage des stations, chauffage et motorisation des appareils de voie, signalisation, gestion centralisée de la ligne, etc.). Des chambres de tirage sont implantées tous les 150 m environ.

Simultanément, il faut réaliser les massifs de fondation des poteaux supportant la ligne aérienne de contact; leurs dimensions sont variables selon dix-neuf types, en fonction des efforts qui leur sont appliqués, de leur implantation axiale ou latérale) et des obstacles rencontrés dans le sous-sol (concessionnaires); ils sont réalisés en béton armé et équipés en surface de tiges filetées destinées à la liaison poteau-fondation (fig. 7).

L'assainissement de la plate-forme et de la gorge du rail est assuré tous les 30 m par deux caniveaux transversaux se déversant dans un regard. Ces regards sont reliés entre eux par une buse Ø 200 posée dans l'axe de la plate-forme (généralement dans l'épaisseur de la grave-ciment). Les eaux récoltées sont ensuite rejetées tous les 200 m dans le réseau d'assainissement local.

Les séparateurs sont constitués par des blocs de granit de 0,40 m de largeur selon trois types dont un évidé pour le scellement des bornes basses coniques.

La construction des quais des stations consiste à la mise en place d'une muraille de quai en éléments préfabriqués et à la réalisation d'un remblai en grave-ciment servant de fondation aux revêtements des quais (dalle de granit 40 x 40).

Une fois ces travaux terminés, la plate-forme est remise aux poseurs de voie.

2.1.25 — Les travaux de pose de voie

De conception très proche de celle d'un métro ou d'un train, la voie ferrée d'un tramway est différente de la voie ferrée classique par son implantation en site banalisé apte à supporter une circulation routière. Cette disposition impose l'emploi de rail à gorge de façon à dégager le passage des boudins de roues. Par ailleurs, le niveau de l'ensemble de la

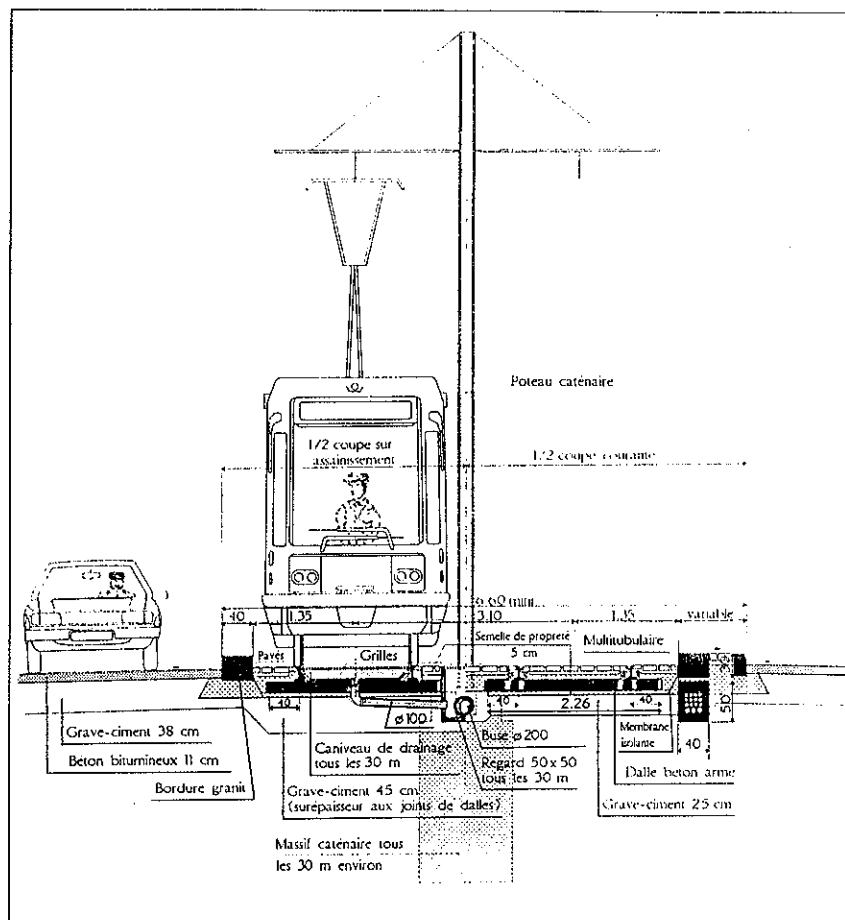


fig. 6 — Coupe-type en site axial.

Typical cross-section of axial right of way.

photo 1 — Réglage des voies le long du parc de la Légion d'Honneur.
Adjustment of tracks along the Légion d'Honneur park.

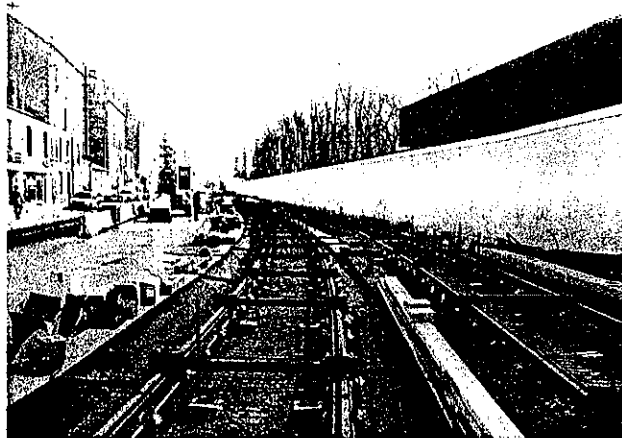


plate-forme doit être identique à celui du sommet du rail, ce qui impose la mise en place d'un « remplissage ». La nature de ce remplissage varie selon les circulations qu'il doit supporter (trafic routier, piétonnier...) et l'aspect décoratif qu'on désire lui donner pour son insertion dans le site urbain considéré (photos 1 et 2).

Enfin, il faut noter que les profils de roues tramway et chemin de fer ainsi que la cote de calage sur l'essieu sont légèrement différents, ce qui rend incompatibles des circulations mixtes tramway-métro dans les zones d'appareils de voie. En voie courante, le boudin des roues du métro, plus épais, ne

passe pas dans le rail à gorge tramway. Par contre, cette ornière réduite du rail est préférable pour les circulations non ferroviaires, notamment des deux roues.

La voie retenue est du type voie encastree sans traverse, ce qui diminue considérablement les travaux de plate-forme, excepté le passage au-dessus des voies de la SNCF (pont Repiquet) qui lui, est posé sur ballast.

• Voies encastrees

Le rail à gorge 35 GTF, d'une hauteur plus faible que celle du RI 60, est posé avec interposition d'une semelle canne-

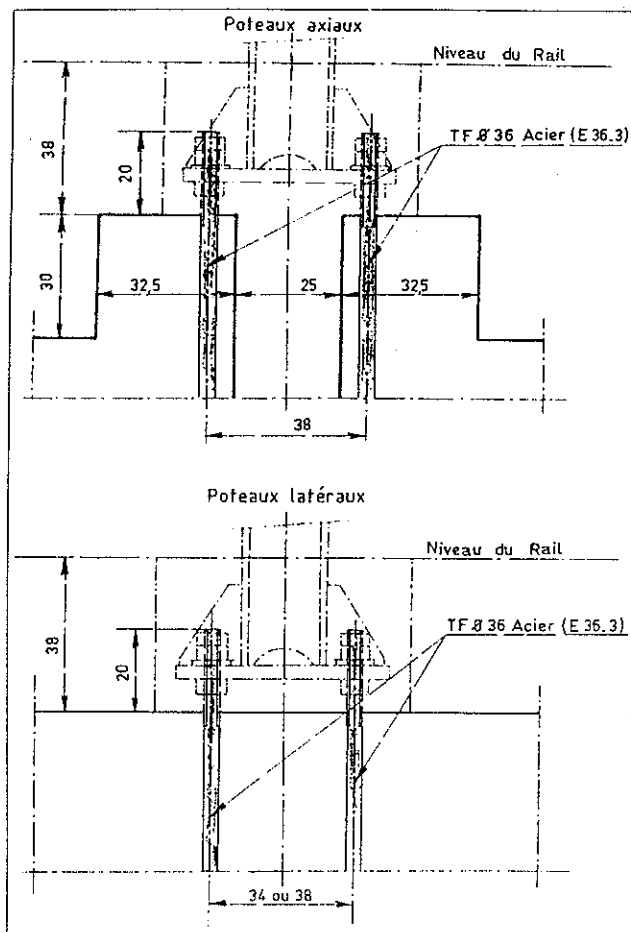


photo 2 — Réglage des voies rue Lénine à La Courneuve.

Adjustment of tracks on rue Lénine in La Courneuve.

fig. 7 — Détails de fixation des supports caténaux.

Catenary support attachment details.

lées sur des selles en acier moulé, fixées par tiges de scellement dans un béton armé sous voies. Il est maintenu en place à intervalles réguliers par des crampons isolants (fig. 8).

L'habillage de la plate-forme est constitué de pavé en granit de Bretagne, d'épaisseurs différentes en fonction du

lieu de pose (site propre, site mixte, carrefour...).

L'isolement des voies est obtenu par interposition d'un tapis isolant entre la plate-forme génie civil en grave-ciment compactée et le béton de voie.

Dans les zones sensibles, des dispositions particulières ont été prises contre

la propagation des vibrations provoquées par le contact rail-roue; l'interposition d'une mousse de polyuréthane d'épaisseur 30 mm du type Sylomer, mise en place directement sur le tapis isolant la plate-forme et sur lequel est coulé le béton de blocage de la voie, procure un gain en atténuation de l'ordre de 15 dB avec une incertitude de 6 dB.

Devant l'investissement très lourd que représente ce type de matériau, la RATP va procéder à l'essai dans une zone contiguë à la pose Sylomer, d'un matériau utilisé depuis 1974 aux Pays-Bas: le Corkelast. C'est un système de voie où chaque file de rail dépourvue de toute attache est noyée dans une gorge. Pour le tramway de Saint-Denis-Bobigny, cette gorge est formée par des blocs de granit. L'enrobage se fait, après calage en profil et en plan avec des cales et coins de matériau identique; cela grâce au coulage du Corkelast, un composite de liège-polymère qui se transforme en masse résiliante.

Les essais effectués en laboratoire montrent des déplacements verticaux et horizontaux de 2 mm au point de contact rail/roue.

Les gains en atténuation attendus sont au moins du même ordre qu'avec le tapis Sylomer (fig. 9).

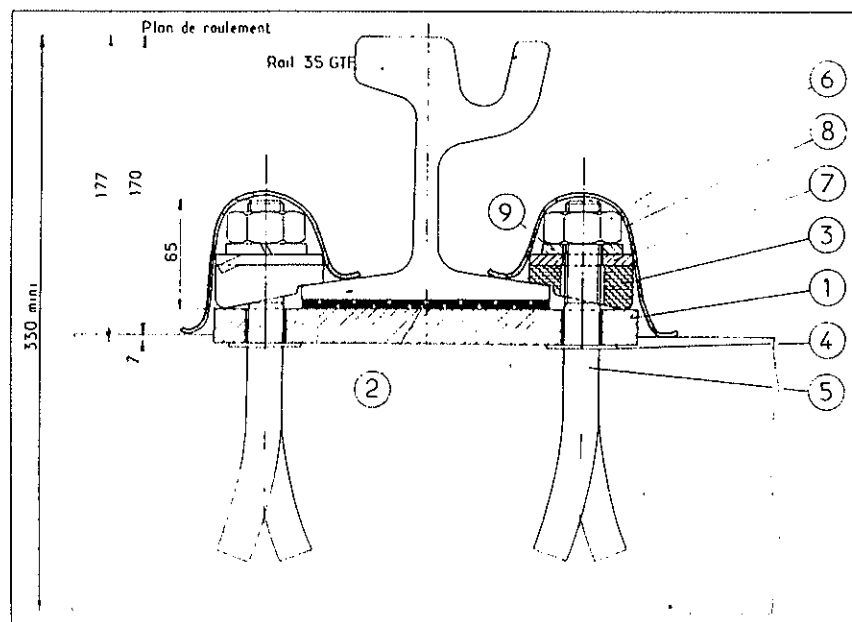
• Particularités sur les rails

Pour atténuer l'usure et le crissement dans les courbes de faible rayon, la RATP prévoit d'effectuer deux traitements au rail:

- traitement anti-usure qui est un rechargement de métal sur la partie congé de roulement;
- traitement anti-crissement qui est un rechargement de métal sur la partie table de roulement.

Ces apports de métal sont appliqués selon le procédé Électro-Thermit sur des rails de nuance normale. Les rails sont travaillés en atelier et l'intervention sur chantier n'est nécessaire que pour réta-

fig. 8 — Fixation du rail 35 GTF. Attachment of 35 GTF rail.



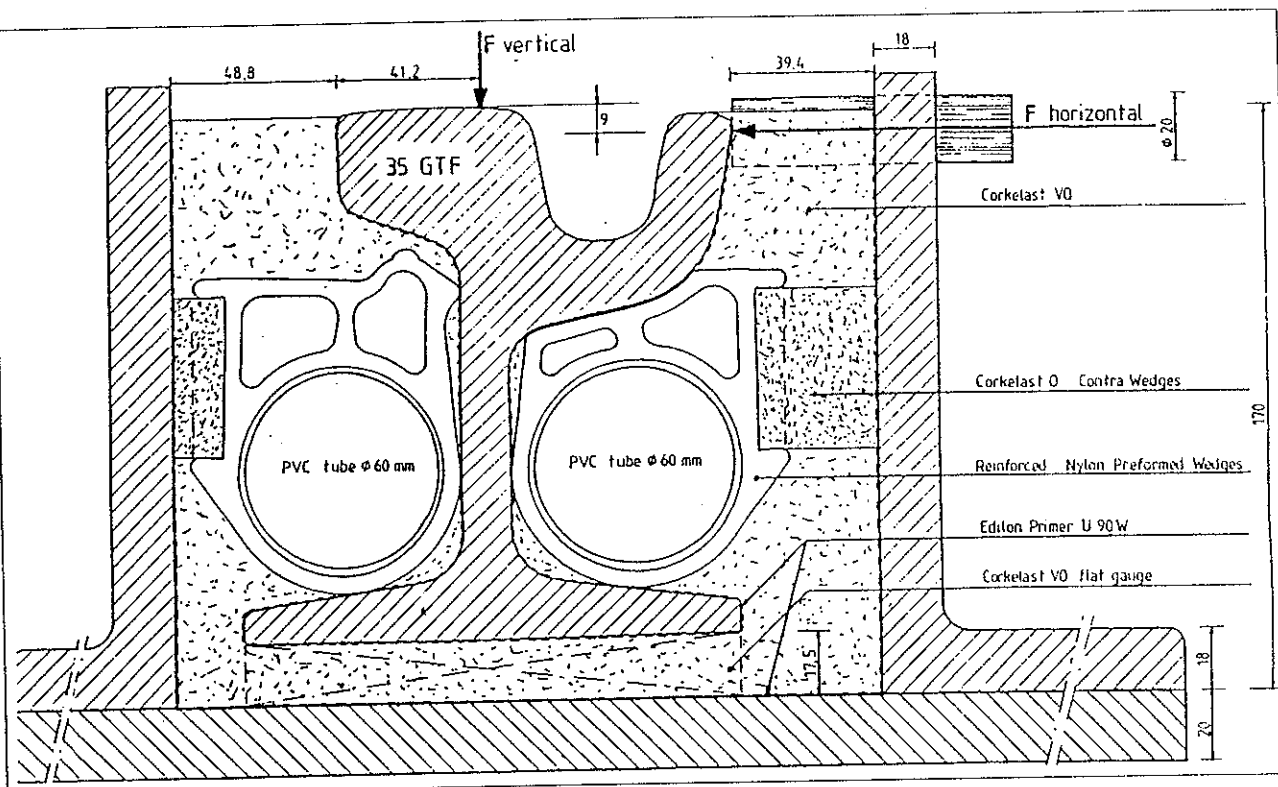


fig. 9 — Pose Corkelast (prototype). Placing of Corkelast (prototype).

blir le passage au droit des soudures aluminothermiques.

• Les appareils de voie

Ils sont de type encastré avec un profil de rail RI 60, seul type de rail existant, lors des études de ce tramway, pour la fabrication des appareils de voie.

L'emploi du rail à gorge interdit à la bavette du rail de jouer le rôle de contre-rail actif en protection de cœur. Cette bavette est découpée et remplacée par un rail de type U 69 sur un support spécial lié au patin du rail RI 60.

Les appareils de voie ne sont pas motorisés, à l'exception d'un seul, sur l'ensemble du tracé. Les manœuvres sont assurées par des boîtes de manœuvres manuelles souterraines situées entre les aiguilles et attelées directement sur la tringle d'écartement. Ces dispositifs sont talonnables.

et, d'autre part, le réaménagement de deux ouvrages existants :

- la reconstruction du pont sur le canal Saint-Denis;
- le relevage de la passerelle pour piétons de l'Hôtel de Ville de Bobigny.

Le franchissement de l'autoroute A 86 à La Courneuve (pont Palmers) a été réalisé par anticipation par la DDE 93 et ne fait pas partie du projet.

Après vérification, le franchissement des voies du RER B à La Courneuve (pont

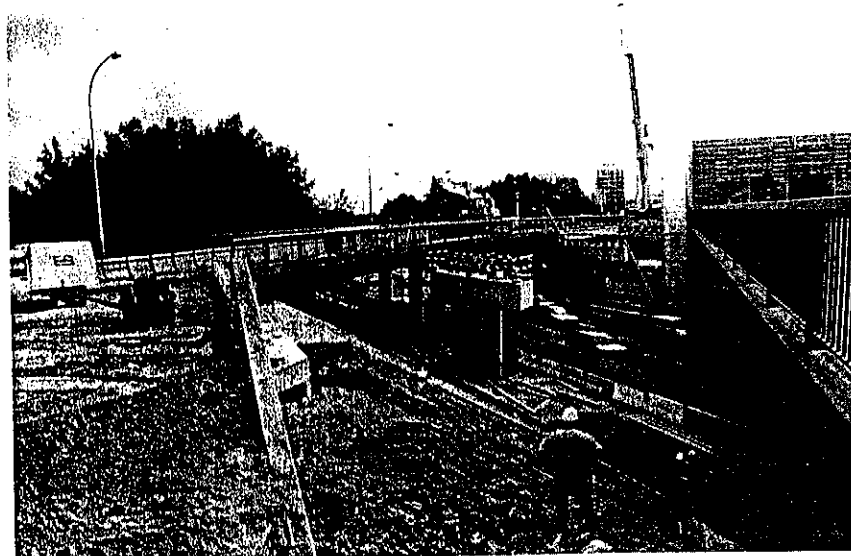
Palmers ancien) se fait sur le pont existant sans mesure particulière.

2.1.26.1 — Ouvrage de franchissement de l'autoroute A 1

Situé sur la commune de Saint-Denis, à l'intersection de l'autoroute A 1 et de la route nationale 186, l'ouvrage de franchissement du tramway a été construit entre les deux ouvrages routiers de la RN 186, accolé et parallèle au pont Nord (photo 3).

photo 3 — Ouvrage de franchissement de l'autoroute A 1 à Saint-Denis.

Overpass on motorway A1 in Saint-Denis.



2.1.26 — Les travaux d'ouvrages d'art

L'établissement de la ligne de tramway nécessite, d'une part, la construction de trois ouvrages qui assurent :

- le franchissement de l'autoroute A 1;
- le franchissement des voies de la grande ceinture SNCF (pont Repiquet);
- le franchissement des voies du métro de la ligne 5.

• Description et caractéristiques géométriques de l'ouvrage

Cet ouvrage de 96,42 m de longueur répartie sur quatre travées isostatiques, et 7,60 m de section droite a un biais de 51,34 grades; il est constitué de:

- deux culées d'extrémité formées chacune d'un chevêtre fondé sur deux pieux;
- trois piles intermédiaires, reposant chacune sur une semelle fondée sur deux pieux et portant à leur tête un chevêtre;
- un tablier constitué de poutres précontraintes par adhérence, type PR.AD, et dalle en béton armé.

Les pieux de fondations s'avéraient être le meilleur choix en raison d'une part de la proximité des voies de circulation de l'autoroute A 1 et d'autre part du passage au-dessus de l'émissaire Pantin-la-Briche qui ne pouvait supporter aucun supplément de charge localisée.

Le tablier de l'ouvrage, constitué de quatre travées isostatiques dont deux passant au-dessus des chaussées de l'autoroute A 1, comporte un nombre variable de poutres préfabriquées (suivant la portée de la travée, 7, 10 ou 14 poutres) en béton précontraint par prétension; ces poutres en I ont une hauteur de 1,10 m, une largeur de table de 0,45 m et une épaisseur d'âme de 0,15 m et supportent un hourdis de 0,20 m coulé sur des prédalles. Les poutres reposent sur des appareils d'appui en néoprène fretté.

L'étanchéité de l'ouvrage est assurée par un film mince de résine de type polyuréthane. Sous l'ouvrage, les talus sont revêtus de perrés, comme pour les deux ouvrages voisins. Enfin, l'ouvrage est équipé d'un garde-corps métallique peint.

• Méthode de construction

L'exiguïté des lieux et la construction de cet ouvrage au-dessus des voies de l'autoroute, où la circulation des véhicules est particulièrement dense, a conduit la RATP — avec l'assistance des services gestionnaires de la DDE de la Seine-Saint-Denis — à définir:

- les périodes d'intervention pour l'exécution des pieux de fondations, la difficulté de cette phase de travaux résultant essentiellement de la nécessité de neutraliser une voie de circulation de l'autoroute en raison de l'encombrement de l'engin supportant la foreuse: ces travaux ont été programmés dans la période juillet-août 1991, les emprises n'étant autorisées que du mardi au jeudi afin de rétablir une circulation quasiment normale en fin de semaine;
- la structure du tablier constitué de poutres préfabriquées précontraintes par fils adhérents sur lesquelles étaient

posées les prédalles formant coffrage du hourdis supérieur, cette structure étant imposée par des conditions de gabarit routier entre le nouvel ouvrage et la chaussée de l'autoroute;

- une isolation des emprises au niveau des chaussées de l'autoroute par la mise en place, de nuit, de protections lourdes;
- les contraintes relatives à l'exécution des travaux au-dessus des voies de circulation de l'autoroute qui n'était autorisée que de nuit, sur coupure de l'autoroute et dans un seul sens.

• Construction de l'ouvrage

L'ensemble des travaux de construction de l'ouvrage, hormis les finitions et les équipements, a été exécuté de juillet à octobre 1991, soit en quatre mois.

Pour les appuis, des pieux de 1,20 m de diamètre ont été descendus jusqu'à 28 m de profondeur; ils ont été forés à la boue de bentonite au moyen d'une foreuse montée sur camion, et équipés systématiquement de trois tubes d'auscultation sonique et d'un tube d'auscultation de fond de pieu par carottage. Les auscultations soniques, réalisées par le laboratoire du CEBTP, n'ont pas mis en évidence d'anomalies.

Une fois les pieux exécutés, les emprises sur l'autoroute ont été réduites, la réalisation des semelles et des piles ne présentant pas de difficultés particulières.

Les poutres précontraintes du tablier ont été réalisées en usine à Brive (Corrèze); leur fabrication a été contrôlée par le CETE de Lyon - Laboratoire régional de Clermont-Ferrand. Bétonnées à l'intérieur d'un coffrage métallique vibrant, après mise en place des fils adhérents constitués de torons de type T 15-2 1770 TBR dont la tension initiale était de 209 KN, et des aciers secondaires, elles sont étuvées par injection de vapeur sous une enceinte constituée de bâches calorifugées, la montée en température était limitée à 15 °C/heure pour atteindre 70 °C environ. Lorsque le béton

atteint 32 MPa de résistance à la compression, les torons sont détendus.

En raison des emprises restreintes, les poutres ont été approvisionnées sur le chantier, soit par transport routier pour les plus courtes, soit par chemin de fer et reprise sur des convois exceptionnels routiers pour celles destinées à être posées au-dessus des voies de l'autoroute.

Leur mise en place a été réalisée au moyen d'une grue mobile Demag AV 1600 de 550 t. Cette grue, mise en station derrière les culées, reprenait les poutres approvisionnées sur l'autoroute pour les mettre en place.

Les poutres de rive étaient munies de réservations permettant la fixation des coffrages latéraux de la dalle. Entre les poutres, des prédalles en fibro-ciment ont été posées pour le coffrage du hourdis.

Le hourdis continu a été bétonné en une seule fois pour éviter des reprises de bétonnage.

2.1.26.2 — Ouvrage de franchissement des voies de la grande ceinture SNCF (pont Repiquet)

• Caractéristiques générales de l'ouvrage

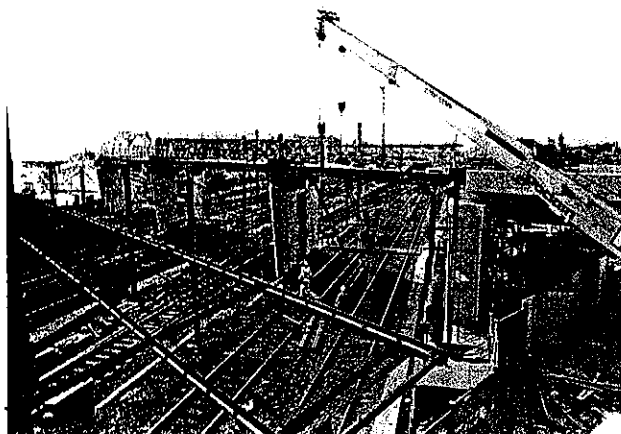
Le franchissement des voies SNCF a été réalisé par la construction d'un pont-rail dit «pont Repiquet» comprenant deux tabliers continus, l'un en béton précontraint situé côté «Ouest», hors emprises SNCF, à quatre travées, l'autre à poutrelles enrobées, situé au-dessus des voies SNCF, côté «Est» à trois travées. Des rampes d'accès, de part et d'autre, établissent le raccordement avec la plate-forme du tramway (photo 4).

Ces travaux ont été exécutés par une entreprise unique dans le cadre d'un même marché qui comportait deux lots sous maîtrises d'œuvre différentes:

- la SNCF pour la réalisation des deux tabliers du pont-rail;

photo 4 — Ouvrage de franchissement des voies de la grande ceinture SNCF (pont Repiquet).

Overpass on SNCF railway tracks (Repiquet bridge).



— la RATP pour celle des rampes d'accès.

La rampe d'accès côté «Est» est un cadre en béton armé de 94 m de longueur, 6,50 m de largeur et de hauteur variable, les maçonneries ayant une épaisseur de 0,60 m.

Il a été réalisé à l'intérieur d'une fouille talutée; le volume intérieur de l'ouvrage pourra servir de local technique, et au niveau du rail deux encoffrements portent la largeur utile à 8,50 m, dégageant deux cheminements latéraux de 1 m de largeur au-dessus de caniveaux de câbles.

La rampe d'accès «Ouest» de 89 m de longueur est constituée d'un mur de soutènement en béton armé, de hauteur variable et de 0,60 m d'épaisseur fondé sur semelle, la plate-forme tramway reposant sur un remblai mis en place entre le mur construit et le mur de soutènement existant de la RN 186.

Le tablier du pont précontraint de 71 m de longueur dans l'axe et de 8,50 m de largeur a une épaisseur de 0,70 m. La hauteur libre minimal sous l'ouvrage est variable et son profil en long est curviligne.

Il prend appui sur des culées et appuis intermédiaires en béton armé reposant sur des semelles fondées sur des pieux \varnothing 800 mm.

Le tablier du pont à poutrelles enrobées de 56 m de longueur et de 8,50 m de largeur a une épaisseur de 0,70 m et est constitué de douze poutrelles HEB 550. La hauteur libre est de 5,80 m au-dessus des voies SNCF en exploitation et électrifiée (25 000 V - 50 Hz).

Il prend appui d'Est en Ouest sur une culée creuse fondée sur radier général, deux piles au milieu des voies ferroviaires reposant sur des semelles et massifs en gros béton et une pile supportant les extrémités des deux tabliers, fondée sur pieux \varnothing 800.

• Méthode de construction de l'ouvrage

Le délai d'exécution contractuel était de douze mois; en fait, l'ensemble des travaux a été réalisé en dix mois, de septembre 1990 à juillet 1991, malgré les contraintes importantes qui résultaient du passage de l'ouvrage au-dessus de voies ferrées à circulation dense.

Les piles au milieu des voies ferroviaires ont été réalisées au cours de deux interruptions temporaires de circulations de 30 h.

Les douze poutrelles HEB 550 de 54,70 m de longueur, ont été livrées en vingt-quatre tronçons indépendants rabotés et soudés, puis mises en place par lancement en une seule opération.

L'étanchéité de la traverse supérieure, un garde-corps métallique ainsi qu'une

protection grillagée anti-projectiles de 2,5 m de hauteur, et les massifs d'ancrage des poteaux support de la ligne aérienne de contact terminent l'ouvrage.

2.1.26.3 — Ouvrage de franchissement des voies de la ligne 5

Il s'agit d'un ouvrage cadre biais en béton armé qui enjambe les deux voies principales et une voie de service de la ligne 5 du métro (photo 5).

Dès 1984, lors des travaux du prolongement de cette ligne de métro à Bobigny-Préfecture, le radier de cet ouvrage avait été construit comme mesure conservatoire du futur tramway.

Dès lors, il s'agissait de construire les piédroits et la dalle de couverture de cet ouvrage.

Pour des problèmes de gabarit et de circulation du personnel le coffrage des piédroits ($e = 0,80$ m) a été réalisé en béton préfabriqué intégré à la structure. La dalle de couverture, de 13 m de longueur et de 11 m de largeur, est constituée de vingt-trois poutres préfabriquées de 12 m de longueur et de $0,35 \text{ m} \times 0,30 \text{ m}$ de section, mises en place de nuit après l'arrêt du service voyageurs du métro (2 h - 5 h) et d'une dalle de répartition en béton armé de 0,15 m d'épaisseur.

2.1.26.4 — Reconstruction du pont sur le canal Saint-Denis

La RN 186, dans la traversée de Saint-Denis, franchit le canal Saint-Denis au droit de la rue du Port par deux ponts à tabliers indépendants; le tracé du tramway a prévu l'utilisation du pont Nord qui, reconstruit, supporte également la station terminale Ouest «gare de Saint-Denis».

La structure de cet ouvrage ayant été jugée vétuste pour supporter les surcharges amenées par le tramway, il a été décidé de démolir et reconstruire le tablier de cet ouvrage.

Le Service des canaux de la ville de Paris, gestionnaire de cette voie d'eau, a demandé qu'à l'occasion du renouvellement de cet ouvrage il soit pris en compte d'une part, une augmentation du tirant d'air de 4,65 m à 5 m au-dessus du niveau moyen des eaux du canal et, d'autre part, la suppression ultérieure de la pile centrale.

• Description et caractéristiques géométriques de l'ouvrage

Cet ouvrage de 27,90 m de longueur et 13,40 m de largeur porte les deux voies du tramway et les quais de la station «gare de Saint-Denis».

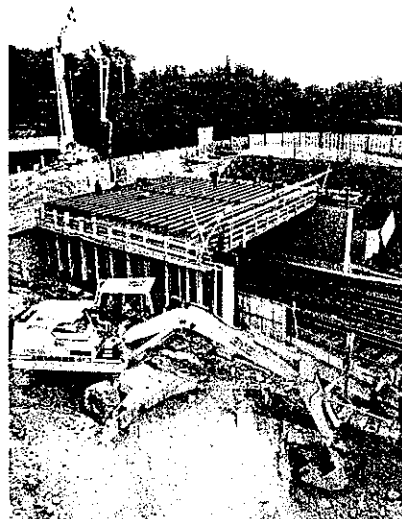


photo 5 — Ouvrage de franchissement des voies de la ligne de métro 5.

Overpass on tracks of metro line 5.

Les culées de l'ancien ouvrage, en maçonnerie de bonne qualité de 2 m d'épaisseur en tête et 5 m à la base, ont été conservées; il a été prévu de les rescinder en tête afin de reconstituer de nouveaux sommiers d'appuis en béton armé.

L'augmentation du tirant d'air et la non prise en compte de l'appui constitué par la pile centrale a conduit à retenir une nouvelle structure pour le tablier qui est constitué de trois poutres en allège, de 0,45 m et 0,80 m d'épaisseur respectivement en rive et dans l'axe de l'ouvrage, ces poutres présentant une inertie variable qui résulte de la forme en arc de cercle de l'arête supérieure, la hauteur variant de 2 m à 1,57 m. Ces poutres sont liaisonnées par deux dalles nervurées en béton armé.

• Méthode de construction de l'ouvrage

Les difficultés d'exécution d'un tel ouvrage résultent essentiellement des contraintes fixées pour le maintien de la navigation, le service gestionnaire ne pouvant autoriser que des neutralisations de courte durée, passe par passe. La démolition de l'ouvrage existant sera donc réalisée à partir de la surface, les gravats étant récupérés directement dans une barge en station sous l'une des passes; ensuite, la structure métallique de l'ouvrage sera tronçonnée en deux ou trois parties qui seront reprises par une grue qui les déposera sur le quai du canal où elles seront découpées, puis évacuées.

Le nouveau tablier sera bétonné en place en une seule phase, le coffrage inférieur étant réglé à un niveau supérieur au niveau définitif afin de dégager en permanence le tirant d'air mini au-dessus du

canal; ce coffrage prendra appui sur la pile intermédiaire, provisoirement conservée, et sur des tours installées sur les berges. Après mise en tension et décoffrage, le tablier sera vériné pour être réglé à son niveau définitif.

Le délai d'exécution de ces travaux a été fixé à cinq mois.

2.1.26.5 — Relevage

de la passerelle piétons de l'Hôtel de Ville à Bobigny

Le passage de la voie du tramway sous des ouvrages existants ne pose pas de problème particulier dès lors que la hauteur résiduelle entre le plan de roulement des chaussées et la ligne aérienne de contact, y compris une garde de sécurité de 0,75 m, reste suffisante pour autoriser le maintien des gabarits de passage routier d'origine. Dans le cas du tramway de Saint-Denis-Bobigny, deux points durs sont apparus dans la traversée de Bobigny :

- passage sous le pont SNCF de Grande Ceinture;

- passage sous la passerelle piétons de l'Hôtel de Ville.

Si pour le passage sous le pont SNCF il n'a pas été possible de modifier la géométrie de l'ouvrage existant en raison des dépenses importantes qu'une telle intervention aurait entraîné, par contre au droit du passage sous la passerelle piétons, la solution retenue a été le relevage du tablier :

- sur une hauteur uniforme de 84 cm pour le tablier Sud, en béton précontraint, de 26,80 m de portée comportant à son extrémité Sud un élargissement qui prend appui sur deux poteaux-rails distants de 13,02 m;

- sur une hauteur variable de 30 cm à zéro pour le tablier Nord à trois travées continues inégales en béton armé; le levage de ce tablier a été réalisé d'abord de façon uniforme puis par déversement de l'extrémité Nord afin d'effectuer les raccordements de voirie (photo 6).

Ces opérations de levage, très délicates, ont été réalisées par l'entreprise Freyssinet-STUP, le délai d'exécution — y compris les travaux préparatoires de dégagement des structures — étant de deux mois.

2.1.3 — Le site de maintenance

Les ateliers d'entretien du matériel roulant ainsi que le parc de « maintenance » de la voie sont implantés à l'Est de la ligne. Le terrain retenu, d'une superficie de 2 ha, est accolé à celui des ateliers du métro récemment construits lors du prolongement de la ligne 5 à Bobigny-Pablo Picasso.

Il est raccordé au terminus de Bobigny par une voie unique de 800 m de longueur se développant en partie en voirie et en partie dans le parc départemental de La Bergère; sur ce terrain ont été aménagés :

- un faisceau de garage des rames à ciel ouvert dimensionné pour une capacité de vingt éléments;

- une aire de stockage du matériel de voie ainsi qu'un hangar et des locaux d'attache;

- une machine à laver associée à une station de sablage;

- une voie de raccordement aux voies du métro, elles-mêmes reliées dans le futur aux voies de la grande ceinture SNCF;

- un poste de visite.

Les locaux d'entretien du matériel roulant ont été regroupés avec les ateliers du métro. En effet, il est apparu possible d'assurer l'entretien des dix-sept éléments prévus dans les installations du métro, reportant ainsi la construction d'un atelier propre au tramway. Pour cela, deux voies de l'atelier du métro sont affectées à l'entretien du tramway et équipées de moyens spécifiques, tels que passerelles d'accès aux équipements de toiture et moyens de levage appropriés. Les locaux du personnel (vestiaires, douches, réfectoire) ainsi que les locaux annexes (magasins de pièces de rechange, huilerie...) sont communs avec ceux du métro (fig. 10).

2.1.4 — Les stations

Implantées dans une zone en palier et en alignement, elles comportent :

- des quais de 20,50 m de longueur utile, correspondant à l'emplacement des quatre portes du matériel roulant, d'une largeur de 2,50 m ou 2,10 m dans le cas des quais latéraux et de 3 m dans le cas du quai central. La hauteur du quai au-dessus des rails est de 0,29 m, de telle sorte que le plancher du matériel soit pratiquement situé au niveau du quai dans les conditions normales d'exploitation; une bande fusible de 4 cm d'épaisseur fixée sur le nez de quai facilitera l'accessibilité des personnes en fauteuil roulant aux quatre portes du tramway;

- pour chaque quai, une ou deux rampes d'accès à 5%;

- un abri voyageurs par quai comportant un kiosque technique encadré de chaque côté d'un abri standard type DECAUX. Ce kiosque, outre les équipements électriques basse tension, est équipé d'un distributeur de billets, d'un moniteur d'information-voyageurs et d'une sonorisation (photo 7).

2.2 — Les équipements électriques

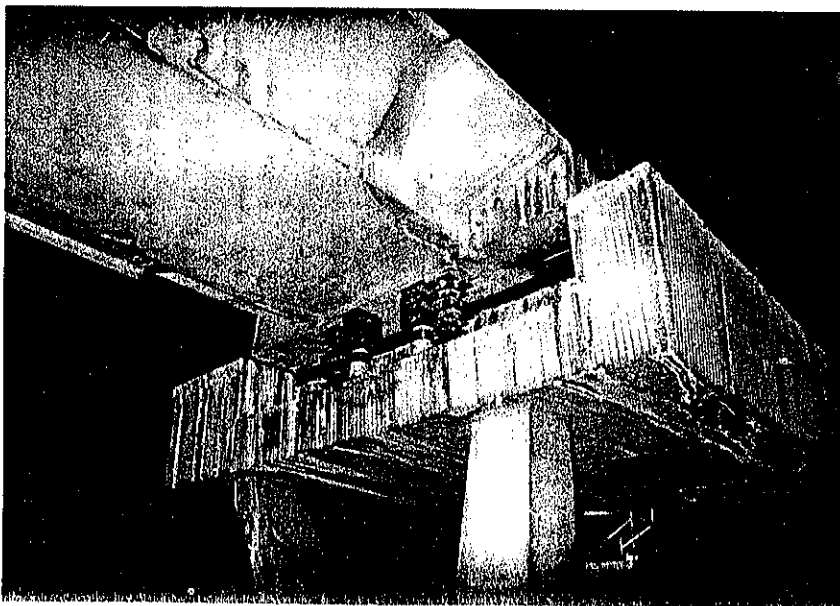
2.2.1 — Énergie

Le tramway qui sera mis en exploitation sur la ligne Saint-Denis-Bobigny est équipé de moteurs traction à courant continu, alimentés sous 750 Volts.

La distribution en 750 V continu de l'énergie électrique est assurée par des lignes aériennes de contact (LAC), la liaison tramway-LAC se faisant par l'intermédiaire du pantographe et le retour du courant s'effectuant par les rails de roulement.

La fourniture de l'énergie électrique est réalisée par des sous-stations. Chaque sous-station comprend un transformateur abaisseur de tension et un groupe redresseur qui transforment le courant alternatif 15 kV en courant continu 750 V.

photo 6 — Relevage de la passerelle piétons de l'Hôtel de Ville à Bobigny. Raising of Hôtel de Ville footpath in Bobigny.



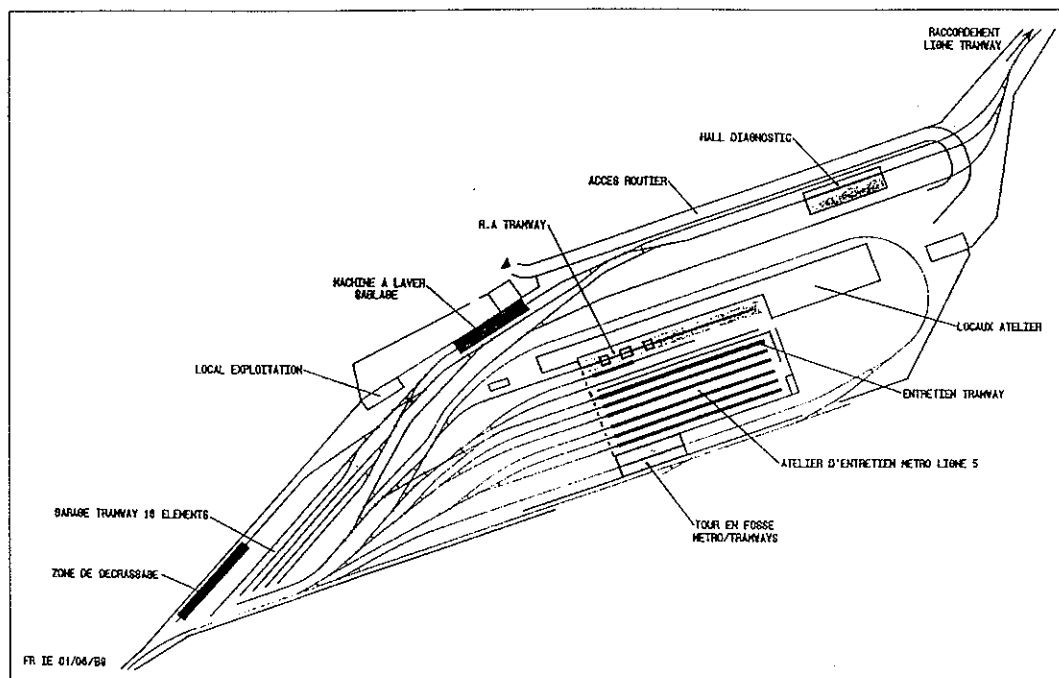


fig. 10 — Bobigny. Atelier d'entretien métro.

Bobigny. Metro maintenance shop.

photo 7 — Station du tramway.

Tramway station.

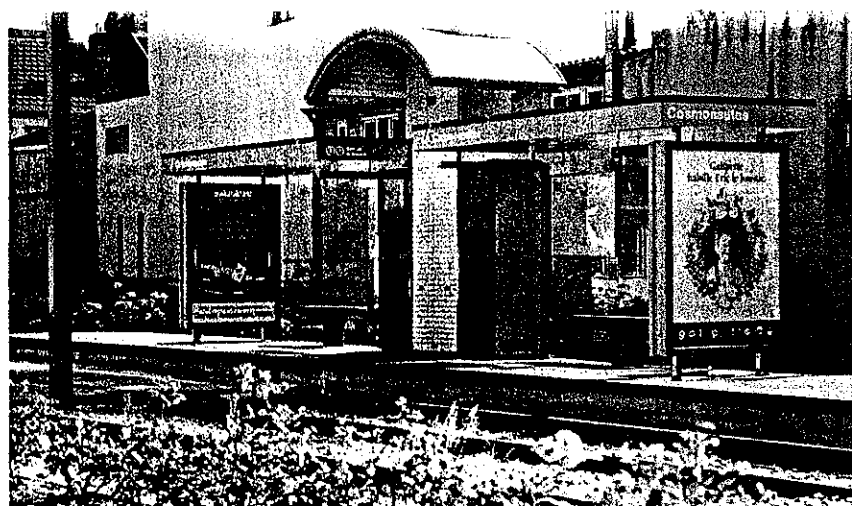
Les sous-stations d'une puissance unitaire de 600 kW sont au nombre de six, uniformément réparties le long de la ligne (distance moyenne entre sous-station: 1,8 km) ce qui permet de réduire notablement les chutes de tension dans les rails de roulement utilisés pour le retour du courant traction.

La commande des sous-stations se fait au niveau du poste de commande centralisé de l'énergie (PCE) alors que l'alimentation traction est commandée à partir du poste de commande local du trafic (PCL) implanté dans la gare routière du terminus de la ligne 5 du métro à Bobigny-Préfecture.

Une attention particulière a été portée à l'isolation des voies afin de limiter au strict minimum les phénomènes de courants vagabonds; c'est ainsi qu'en zone courante il a été disposé, sur toute la surface de la plate-forme des voies, un tapis isolant en élastomère-bitume devant s'opposer à la « fuite » de ces courants vagabonds. En outre, des mesures conservatoires ont été prévues dans chaque poste de redressement et aux abords afin d'installer, si nécessaire, des selfs de lissage en cas de perturbations sur les circuits téléphoniques voisins et des postes de drainages en cas de phénomènes électrolytiques sur les ouvrages métalliques enterrés.

Pour chaque voie, les lignes aériennes sont constituées de deux fils accolés de 107 mm² en cuivre.

Les supports des lignes de contact, généralement en HEB 200 sont le plus souvent en disposition axiale; dans certains points particuliers, lorsque le site propre est emprunté par des autobus, ils sont en position latérale, mais il est fait appel également aux suspentes transversales en fibre synthétiques, ancrées en



façades d'immeubles dans les voiries de faible largeur.

Au point de suspension la LAC est à 6,20 m par rapport au plan de roulement, qui laisse, compte tenu de la flèche, une hauteur libre minimum de 6 m entre deux suspensions. Afin de permettre le passage des convois exceptionnels la RATP a équipé quatre points de la ligne de dispositifs permettant le relevage de la LAC jusqu'à une hauteur de 7,50 m; ces quatre points sont:

- la déviation de la RN 1 à Saint-Denis (intersection avenue Paul-Vaillant-Couturier et rue de Strasbourg);
- l'intersection rue de La Courneuve et avenue Présov, à Saint-Denis;
- la place du Général-Leclerc, à La Courneuve;
- la rue Marcel-Cachin et le boulevard Raspail au droit du pont Palmers: intersection CD 114 et RN 186, à La Courneuve.

Le système de relevage de la LAC en dehors des heures d'exploitation est réalisé par une coiffe télescopique, actionnée par vérins électriques, intégrée au mât support de la LAC.

2.2.2 — Exploitation et systèmes

L'exploitation de la ligne est assurée par des rames, composées d'un seul élément articulé, circulant à l'intervalle de 5 minutes environ aux heures de pointe et de 10 minutes aux heures creuses de la journée. L'amplitude retenue couvre la plage 5 h 30-24 h. La vitesse commerciale prévue est de 19 km/h.

Les terminus à deux quais latéraux sont exploités:

- à Saint-Denis par manœuvre d'avant-gare, l'arrière-gare ne comportant qu'une seule voie de 30 m pour garer un matériel avarié;
- à Bobigny par manœuvre classique d'arrière-gare.

Les trains sont conduits manuellement et circulent à vue en respectant la signalisation de carrefours. Une signalisation de manœuvre est prévue pour les communications des terminus et pour la voie unique d'accès aux ateliers. En ligne, l'exploitation dégradée est assurée grâce à l'implantation de communications utilisées pour réaliser des services provisoires.

Afin d'assurer une bonne qualité de service, la ligne de tramway est dotée d'un système d'aide à l'exploitation composé d'une phonie pour le traitement des incidents et d'un système de transmission de données pour le suivi de l'exploitation courante. Le poste de commande du trafic, implanté à Bobigny-Préfecture, est le point de concentration des informations (appels des machinistes, visualisations et enregistrements de la marche du véhicule). Il est relié aux services de maintenance pour traiter les incidents.

En matière de télécommunication sont prévues :

- la sonorisation des tramways ;
- la télésurveillance des arrière-gares, des garages, de certains carrefours et de quelques stations à fort trafic ;
- la liaison informatique avec le centre de gestion des feux de la circulation automobile.

Par ailleurs, une canalisation multitubulaire installée tout au long de la ligne permet de réserver la possibilité d'acheminer à toutes les stations des messages publicitaires ou des informations d'exploitation en temps réel.

Enfin, le tramway s'insère dans le système tarifaire de la RATP, au même titre qu'une ligne classique d'autobus. L'accès au véhicule est en libre service et le compostage des titres de transport est fait à bord des rames.

2.3 — Le matériel roulant

Le matériel roulant choisi pour la ligne Saint-Denis-Bobigny est une version du tramway français standard à plancher bas accessible aux personnes à mobilité réduite déjà en service à Grenoble. Le diagramme retenu est celui de la figure ci-après :

fig. 11 — Diagramme TFS Low-floor TFS diagram. à plancher bas.

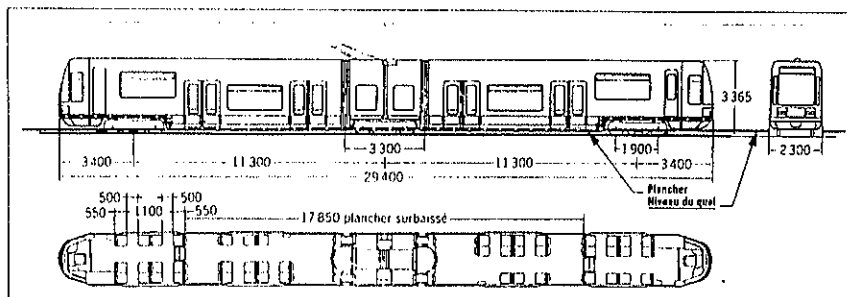


photo 8 — Vue de la maquette tramway. View of tramway model.

Les voyageurs accèdent au tramway au moyen de quatre portes doubles par côté de l'élément, toutes situées au niveau bas du plancher. Le quai dont la hauteur est fixée à 290 mm du sol permet donc un accès quasiment de niveau avec le plancher du tramway, l'accès étant ainsi rendu facile à tous les voyageurs et permettant la montée aisée des usagers en fauteuils roulants qui pourront également passer d'une caisse principale à l'autre grâce à un couloir d'inter-circulation d'une largeur de 860 mm.

La capacité de l'élément de tramway, dans des conditions normales de charge (4 voyageurs debout par mètre carré de couloirs et de plates-formes) est de 178 personnes, dont 52 assises sur des places fixes.

Les performances en traction conduisent à une accélération moyenne de $0,92 \text{ m/s}^2$ de 0 à 40 km/h et de $0,66 \text{ m/s}^2$ de 0 à 70 km/h, vitesse maximale. Les deux moteurs de traction d'une puissance de 275 kW chacun, sont alimentés, sous 750 V, par un hacheur à thyristor qui permet un démarrage progressif et une récupération d'énergie au freinage.

Les caractéristiques de freinage autorisent la conduite du véhicule dans la circulation urbaine, avec toutes les sécurités nécessaires.

Lors du freinage de service mettant en œuvre, en conjuguaison, le frein électrique et le frein mécanique, la décélération atteint la valeur de $1,5 \text{ m/s}^2$ établie entre 60 km/h et l'arrêt.

Lors du freinage d'urgence, l'application des patins électromagnétiques relève la valeur de décélération à $2,9 \text{ m/s}^2$.

Un anti-enrayage et un anti-patinage permettent d'éviter la discontinuité de l'adhérence rail/roue. La permanence de cette dernière peut être maintenue, si nécessaire, par un sablage des chemins de roulement.

Les conditions de confort et d'habilité ont été particulièrement soignées tant pour les voyageurs que pour le conducteur. On note la présence de roues élastiques, d'un système de ventilation et de chauffage conjugué aux conditions climatiques d'un préchauffage des rames, de grandes baies vitrées ainsi qu'un traitement esthétique d'ensemble. La cabine de conduite comporte une position ergonomique de toutes les commandes ; la visibilité y est maximale sans angles morts puisque le pare-brise n'a pas de montants (photo 8).

3 — PLANNING ET COÛTS DE L'OPÉRATION

Les travaux de démolitions et de libération d'emprises ont débuté en juillet 1987.

Les déplacements des concessionnaires ont commencé en avril 1989 et les travaux d'infrastructures en mai 1990.

La mise en service du tramway est prévue en deux étapes :

— juillet 1992 par le tronçon La Courneuve-8 mai 1945 - Bobigny-Préfecture ;

— décembre 1992 par la totalité de la ligne.

La première rame a été livrée le 12 février 1992 et a circulé dès le 24 février pour les essais du matériel et la formation du personnel. La clé de répartition du financement et le coût de l'opération sont indiqués dans le tableau IV qui ne tient pas compte des frais consécutifs aux déviations des réseaux publics et concessionnaires, ces derniers étant à la charge de leurs gestionnaires respectifs puisque nécessités par une nouvelle affectation de la voie publique.

FINANCEMENT

50% État, 42,8% Région, 7,2% Département
Aménagements complémentaires: 100 % département
Matériel roulant: 100% RATP

Postes principaux en millions de francs au 1/1/91	En % ligne + maintenance	En % total
Ligne		
Études d'ensemble et géotechniques		
Études topographiques		
Acquisitions foncières		
(y compris mur LH et démolitions)		
17,0		
112,4		
129,4	16,9%	11,3%
Plate-forme (gros œuvre, voie ferrée et voirie)		
Ouvrages d'art		
396,5		
39,0		
435,5	56,8%	38,0%
Aménagement stations et correspondances		
(y compris mécanisations)		
Équipements électriques, commande centralisée,		
signalisation et télécommunications		
77,6	10,1%	6,8%
Poste de redressement		
29,5	3,9%	2,6%
Complexes de maintenance		
Gros œuvre des bâtiments et plate-forme		
Équipements industriels		
Télécommunications et signalisation		
Voie		
36,1		
18,5		
14,2		
12,0		
80,8	10,5%	7,1%
Total	766,1 MF	100,0%
Matériel roulant	225,0 MF	19,7%
Aménagements esthétiques complémentaires	153,9 MF	13,4%
Ensemble	1 145,0 MF	100,0%
Prix de revient au kilomètre exploité (9 km)	127,2 MF	

tableau IV

table IV

4 — L'INSERTION URBAINE DE LA LIGNE

Élément structurant de l'organisation urbaine du fait de la permanence de son infrastructure et de ses stations, le tramway pourrait se réduire à une saignée ferroviaire dans la route, bousculant les échanges et anesthésiant les conflits qui font de la rue un lieu de vie.

Représentant certes un axe de transit de rocade privilégié au Nord-Est de Paris, la liaison Saint-Denis/Bobigny est aussi une succession de pôles où se resserrent les formes urbaines avant de se relâcher, sans pour autant que disparaisse la ville. Il convenait alors que le réaménagement des voies traversées par le site propre intègre cette dimension et que le projet soit l'occasion d'un traitement urbain renouvelé de l'axe parcouru:

4.1 — Vis-à-vis du tramway

L'accessibilité aux quais pour les personnes à mobilité réduite est totale, tandis que le plancher des rames est au niveau du quai.

4.2 — Vis-à-vis des usagers de la voirie

Pour les piétons, les traversées de chaussées et site propre ont été définies

de manière à ce qu'elles se fassent avec la plus grande sécurité, en aménageant des refuges entre les chaussées et le site propre.

Pour le stationnement, le maximum d'espace a été dégagé avec une très grande attention chaque fois qu'on se situe au voisinage des pôles où les fonctions urbaines se multiplient: commerces, services...

Pour les riverains, chaque accès a été examiné notamment pour les «gros» riverains (entreprises, hôpital...) où des dispositions particulières ont été prises après étude des trafics.

4.3 — Vis-à-vis du traitement architectural

Les Architectes conseil ont pensé que le tramway, pour réussir son passage, devait s'imposer au-delà des particularismes locaux. La base de l'intégration est de ne pas créer une ligne d'aménagement mais de réaménager la totalité des voies dans lesquelles passe le tramway de façade à façade et de créer ainsi une unité de traitement dans une harmonie des couleurs et des matériaux.

Pour concrétiser ce qui sera une «ligne de vie» du département, ceux-ci ont

défini plusieurs principes forts, visant tout à la fois à l'homogénéité et à la spécificité du traitement de l'axe.

Pour les traitements minéraux, prédominance du granit: bordures et caniveaux, séparateurs de site propre, pavage de site propre, dallage des bateaux, de parvis, mariage harmonieux du porphyre, de boutisses granit et d'enrobé sur les trottoirs.

Pour les traitements végétaux, souci de réaliser un axe vert qui sera constitué par les cerisiers à fleurs en alignement, les tilleuls palissés de part et d'autre du site propre lorsque l'espace le permet, et de multiples plantations basses à dominante de rosiers dans les îlots. Cette énumération ne serait pas complète si n'y figuraient pas les nombreux sujets exceptionnels comme les platanes acerifolia de seize ans d'âge qui redonneront une fierté au parvis de l'Hôpital Franco Musulman Avicenne.

Pour le mobilier urbain, une ligne spécifique «Tramway» en fonte de couleur bleue a été définie. Elle comporte des bornes basses coniques implantés tous les 2,80 m sur les séparateurs de site propre, des bornes hautes de séparation de bateau, des barrières de protection des piétons, des grilles d'arbres, des bancs et des coques destinées à envelopper l'embase des candélabres d'éclairage public dont la ligne a elle-même été dessinée. Ajoutons qu'une homogénéité du matériel de visualisation de la signalisation tricolore lumineuse a été recherchée (fig. 12).

Les partenaires de la réalisation d'une telle opération sont nombreux:

- la RATP, maître d'ouvrage et maître d'œuvre de la réalisation du site propre proprement dit et futur gestionnaire de la ligne;

- le Conseil général, qui finance les aménagements qualitatifs complémentaires;

- les quatre villes de Saint-Denis, La Courneuve, Drancy et Bobigny qui sont, pour certaines, maître d'œuvre des rétablissements de voirie communale (Saint-Denis et Bobigny), en tous cas, toutes concernées au titre de leur responsabilité locale et comme gestionnaire futur de certains équipements (trottoirs, plantations, éclairage public...);

- le cabinet Chemetov-Huidobro et le bureau des Paysages Architectes conseil pour les traitements qualitatifs;

- les concessionnaires de services publics qui sont tous présents, sur toute la longueur du tracé;

- la DDE 93, à la fois gestionnaire de la RN 186 (60 % du linéaire) et maître d'œuvre pour les rétablissements de voirie sur RN;

- la population, bénéficiaire des aménagements projetés... et de la gêne pendant les travaux.

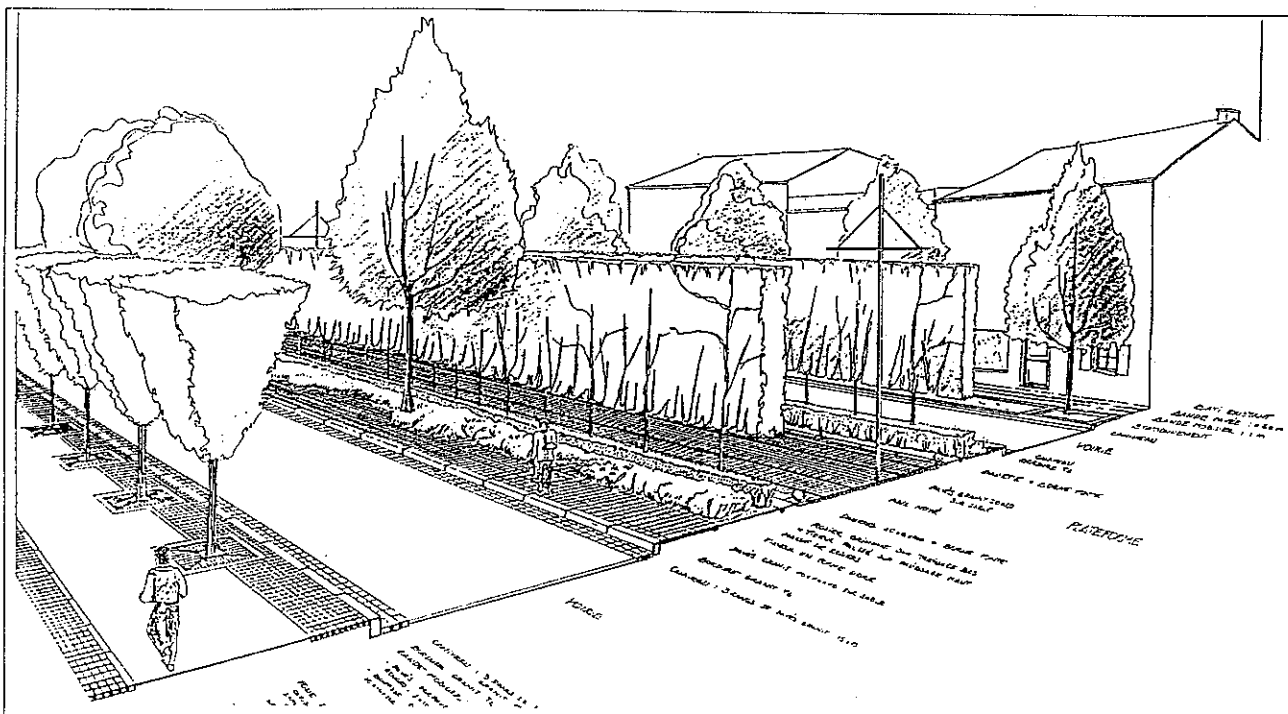


fig. 12 — Coupe perspective de principe (doc. Chemetov, Huidobro, Bureau des paysages). Schematic perspective section.

Dès le lancement des études détaillées fin 1988, l'ensemble des partenaires institutionnels s'est organisé en groupe de travail opérationnel se réunissant deux fois par mois la première année, puis tous les mois ensuite: c'est de cette manière que chaque chose a pu trouver sa place.

L'opération a fait l'objet d'une communication soutenue. C'est ainsi que, en liaison avec les villes, des réunions publiques ont été organisées afin d'expliquer le projet, mais aussi de détecter avec les riverains des problèmes ponctuels à résoudre.

La RATP a, en outre, mis en place sur le site un « monsieur TRAM » à l'écoute quotidienne des usagers et chargé de se faire l'écho auprès du maître d'ouvrage et des maîtres d'œuvre des questions ou suggestions qui lui sont faites.

Enfin, la RATP, le Conseil général et les villes ont distribué au public des publications périodiques donnant les informations sur l'avancement de l'opération.

Longueur totale: 9 003 m entre terminus.

Nombre de stations: 21.

Communes traversées: Saint-Denis, La Courneuve, Drancy, Bobigny.

Coût total des travaux: 1 145 MF dont 225 MF pour le matériel roulant.

Maître d'ouvrage: Régie autonome des transports parisiens.

Maîtres d'œuvre: RATP, DDE Seine-Saint-Denis, Ville de Bobigny, Ville de Saint-Denis, Cabinet Chemetov-Huidobro et Bureau des Paysages.

PRINCIPALES ENTREPRISES INTERVENANTES

Urbaine de Travaux/Union Travaux/Montcocol.

Quillery/Perforex/Montcocol.

SCREG-Ile-de-France/Spie Enertrans/Cogifer.

Viafrance/SCREG-Ile-de-France/Spie Enertrans/Cogifer.

Entreprise Brezillon (pont Repiquet et ouvrage sur A 1).

Entreprise Chantiers Modernes (pont sur le canal Saint-Denis).

Entreprise Freyssinet-Stup et le Cabinet JMB Méthodes (passerelle de l'Hôtel de Ville).

Entreprise Lefebvre (mur de la Légion d'Honneur).

Entreprise POA.

Pépinières Balanca (fourniture des végétaux).

Entreprise GHM (mobiliers urbains).

Entreprises de signalisation et éclairage public.

Entreprise Ballot BTP (ouvrage de franchissement de la ligne 5).

CONCLUSION

Entre les toutes premières réflexions et la mise en service de la ligne de tramway entre Saint-Denis et Bobigny il se sera écoulé onze ans environ. Ce délai est important; il est la conséquence d'une concertation indispensable avec les collectivités locales pour mettre au point un tracé répondant aux besoins réels des populations intéressées et à l'obtention d'un consensus permanent entre les différents acteurs de l'opération. Contrairement aux opérations de construction d'ouvrages souterrains ou à la modernisation de réseaux ferroviaires existants, les projets de site propre au sol modifient sensiblement le paysage urbain et doivent prendre en compte les répercussions qu'ils induisent dans la vie locale. C'est pourquoi, dès la conception, il est impératif d'établir des liens étroits avec les communes concernées.

Dans le cas de la liaison entre Saint-Denis et Bobigny, ce projet novateur est le maillon le plus important du projet de rocade en site propre autour de Paris. Il apparaît comme un investissement rai-

sonnable au regard des avantages économiques et sociaux et de l'enjeu qu'il représente. C'est en quelque sorte le métro de la banlieue, offrant une qualité de service se rapprochant de celle de la voiture particulière et captant une nouvelle clientèle.

Cette ligne, bien articulée sur les réseaux ferroviaires et connectée à de nombreuses lignes d'autobus, apparaît pour le Département de Seine-Saint-Denis comme l'un des éléments moteurs de l'activité économique et commerciale. Ses effets bénéfiques contribueront, en outre, à revaloriser le patrimoine foncier des communes limitrophes, notamment

par l'apport d'emplois nouveaux et de population qu'elle entraînera; c'est un choix d'avenir pour une nouvelle dynamique urbaine. Pour ces raisons, le tramway, bien accepté par les collectivités, autorise le dégagement d'une emprise continue pour sa circulation assurant son attractivité.

Les résultats commerciaux obtenus à Grenoble et à Nantes permettent d'envisager l'avenir avec le meilleur optimisme.

Pour la RATP, ce projet aura prouvé qu'elle était capable de gérer une grande opération urbaine et d'acquérir une nouvelle compétence qu'elle pourra mettre

en région parisienne au service de la nouvelle ligne de tramway Rive de Seine (Issy-les-Moulineaux - La Défense) et, pourquoi pas, de l'extension à l'Ouest et au Sud-Est de la ligne Saint-Denis-Bobigny, ainsi qu'à l'étranger ou en France au travers de sa filiale Sofretu.

BIBLIOGRAPHIE

TEC n° 108, septembre-octobre 1991: *Le tramway Saint-Denis-Bobigny*. P. Vincent, DDE 93, J.-P. Bonneuil, RATP.

Revue générale des chemins de fer, avril 1989: *Le tramway Saint-Denis-Bobigny*. J. Veinberg, RATP.

RÉSUMÉ FRANÇAIS

Le tramway Saint-Denis-Bobigny (Seine-Saint-Denis)

J. Rousset, E. Azria, J.-P. Bonneuil

La ligne de tramway entre Bobigny et Saint-Denis, en Ile-de-France, va être prochainement mise en service. Moins coûteux que le métro le tramway jouit d'une bonne image de marque auprès du public. Rapide et confortable, c'est un moyen de transport propre et silencieux.

Après un chapitre consacré aux enjeux de la conception, cet article décrit les infrastructures électriques et le matériel roulant, le planning et le coût de l'opération puis l'insertion urbaine de la ligne.

ENGLISH SUMMARY

The Saint-Denis-Bobigny tramway (Seine-Saint-Denis region)

J. Rousset, E. Azria, J.-P. Bonneuil

The tramway line between Bobigny and Saint-Denis, in the greater Paris area, will soon go into service. Less costly than the metro, the tramway enjoys a good public image. Fast and comfortable, it is a clean and silent means of transportation.

After a section devoted to the design aspects, this article discusses the electrical infrastructures, rolling stock,

scheduling and cost of the project, and the urban insertion of the line.

DEUTSCHES KURZREFERAT

Die Strassenbahn zwischen Saint-Denis und Bobigny (Bezirk Seine-Saint-Denis)

J. Rousset, E. Azria, J.-P. Bonneuil

Die Strassenbahnlinie zwischen Bobigny und Saint-Denis, in der «Ile-de-France» genannten Region, wird nächstens in Betrieb genommen werden. Billiger als die Untergrundbahn, findet die Strassenbahn einen guten Anklang seitens der Bevölkerung. Dieselbe ist ein schnelles, bequemes, sauberes und geräuschloses Verkehrsmittel.

Nach einem der Ausarbeitung des Entwurfes gewidmeten Kapitels, erörtert der vorliegende Artikel die elektrischen Infrastrukturen und das rollende Material, die Planung und die Kosten der Ausführung, sodann die Einfügung der Linie in das Stadtbild.

RESUMEN ESPAÑOL

El tranvía Saint-Denis-Bobigny (Seine-Saint-Denis)

J. Rousset, E. Azria, J.-P. Bonneuil

La línea de tranvía entre Bobigny y Saint-Denis — en la región Ile-de-France — será inaugurada dentro de breve

plazo. Menos costoso que el metro, el tranvía representa una buena imagen de prestigio para el público en general. Rápido y confortable, constituye un medio de transporte no contaminante y silencioso.

Tras un capítulo dedicado a los problemas presentados por el concepto de esta línea, se desarrollan en este artículo las infraestructuras eléctricas y el material rodante, el programa de obras y el coste de esta operación, y finalmente la inserción urbana de la línea.

RESUMO EM PORTUGUES

O trâmuei Saint-Denis-Bobigny (Departamento de Seine-Saint-Denis)

J. Rousset, E. Azria, J.-P. Bonneuil

A linha de trâmuei entre Bobigny e Saint-Denis, na região de Ile-de-France (grande Paris), entrará proximamente em serviço. Menos dispendiosa que o metrô a trâmuei goza de uma boa imagem de marca junto a opinião pública. Rápido e confortável, é um meio de transporte conveniente e silencioso.

Após o capítulo consagrado aos problemas da concepção, este artigo discorre sobre as infra-estruturas elétricas e o material de rodagem, o planeamento e o custo do operação e, enfim a inserção urbana da linha.