

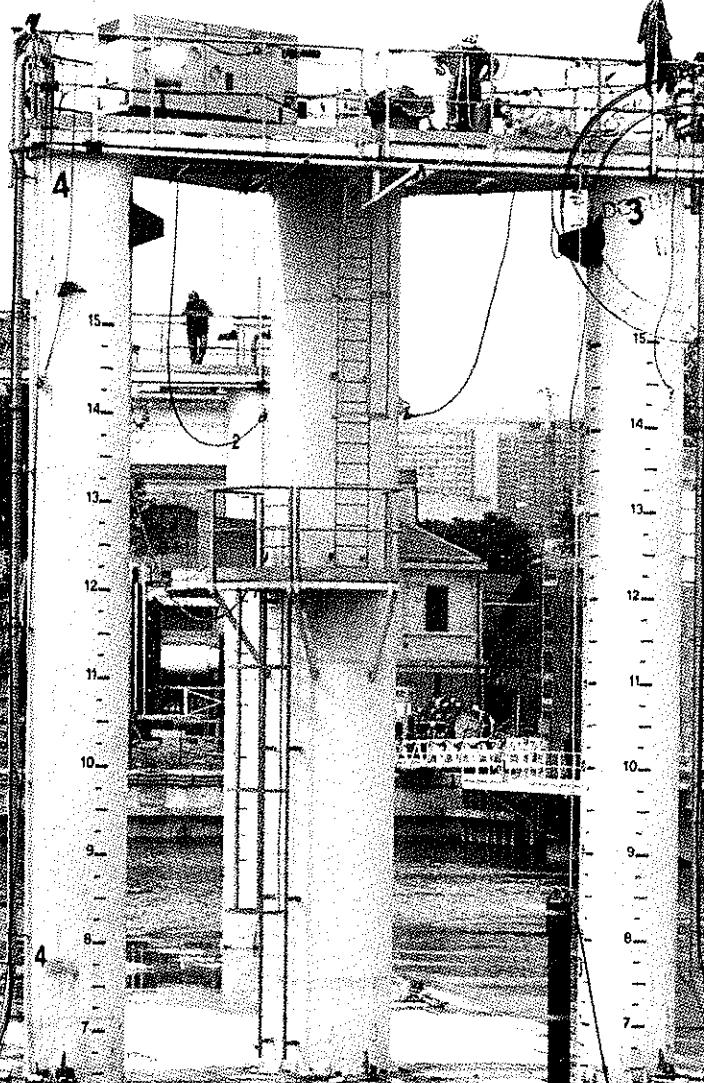
N° 10 - 2<sup>e</sup> TRIMESTRE 1994 - 50 FRF

faire

ÉCONOMIE  
modes de transport,  
quels coûts de  
déplacement ?

RER  
la jonction  
centrale de  
la ligne D

Météor  
D'UNE RIVE À L'AUTRE



16 AVRIL 1994

MÉTÉOR  
le cœur est  
à Bercy

ENVIRONNEMENT  
le pelliculage des  
matériels roulants  
ferroviaires

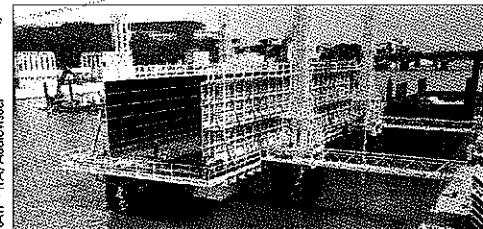
TRAMWAY  
une ligne aérienne  
au-dessus de tout  
camion

RATP

24 AOUT 1994

I.N.R.E  
DOCUMENTATION  
Villeneuve d'Ascq2 METEOR :  
d'une rive à l'autre

*METEOR, from one bank to the other*  
*METEOR, von einem Ufer zum anderen*  
*METEOR, de una ribera a otra*



RATP - ITA/Audiovisuel

10 METEOR :  
le cœur est à Bercy

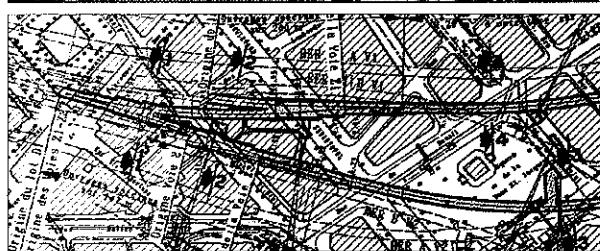
*METEOR, its heart is at Bercy*  
*DIE-METEOR-LINIE, ihr Herz schlägt in Bercy*  
*METEOR, su corazón se sitúa en Bercy*



RATP - ITA/Audiovisuel

15 RER :  
la jonction centrale de la ligne D

*RER : central junction of line D*  
*RER : die zentrale Verbindungsstelle der Linie D*  
*RER : conexión central de la linea D*



RATP



RATP

21 ECONOMIE :  
modes de transport, quels coûts de  
déplacement ?

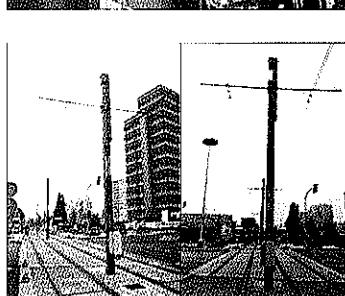
*ECONOMY : means of transport, what cost for travelling ?*  
*WIRTSCHAFT : die verschiedenen Transportarten und  
deren Kosten*  
*ECONOMIA : modos de transporte, ¿ cual es el costo del  
desplazamiento ?*



RATP - COM/AV - Autorail

28 ENVIRONNEMENT :  
Le pelliculage des matériels roulants  
ferroviaires

*ENVIRONMENT : coating of Railway Rolling Stock*  
*UMWELT : eine Schutzschicht für Schienenfahrzeuge*  
*MEDIO AMBIENTE : peliculado del material rodante ferroviario*



RATP - COM/AV - D. Sutton

32 TRAMWAY :  
une ligne aérienne  
au-dessus de tout camion

*TRAMWAY : a catenary line above all trucks*  
*STRASSENBahn : eine Oberleitung höher als alle LKW's*  
*EL TRANVIA : una linea aérea por encima de todo camión*



**37 NOUVELLES**  
**RATP** : Un nouveau PDG, le schéma directeur de  
l'Ile-de-France est paru, ...  
**FRANCE** : Strasbourg, Caen, Toulouse.  
**ÉTRANGER** : Chemnitz, Sheffield, Londres, Baltimore ...

## METEOR

### D'UNE RIVE A L'AUTRE

En amont du pont de Tolbiac, Meteor passe de la rive droite à la rive gauche sous le lit de la Seine. Opération toujours délicate et spectaculaire, cette traversée sous-fluviale s'effectue par caissons immergés.

## METEOR,

### FROM ONE BANK TO THE OTHER

Upstream from the "Pont de Tolbiac", Meteor passes from the left bank to the right bank on the Seine's river channel. A difficult and tactful operation carried out by the use of submerged caissons.

## METEOR,

### von einem Ufer zum anderen

Oberhalb der Tolbiac-Brücke führt die Meteor-Linie unter dem Flussbett vom linken zum rechten Seine-Ufer. Diese Flussunterquerung stellt immer noch ein delikates und spektakuläres Unternehmen mit Tauchsenkkästen dar.

## METEOR,

### de una ribera a otra

Más arriba del puente de Tolbiac, Meteor pasa de la orilla derecha a la orilla izquierda por debajo del lecho del Sena. Operación siempre delicada y espectacular el franqueamiento subfluvial se realiza mediante cajones sumergidos.

## METEOR

# D'une rive à l'autre

par Jean-Michel Houeix,

Alain Donjon et

Jean-Claude Gicquel,

Département des

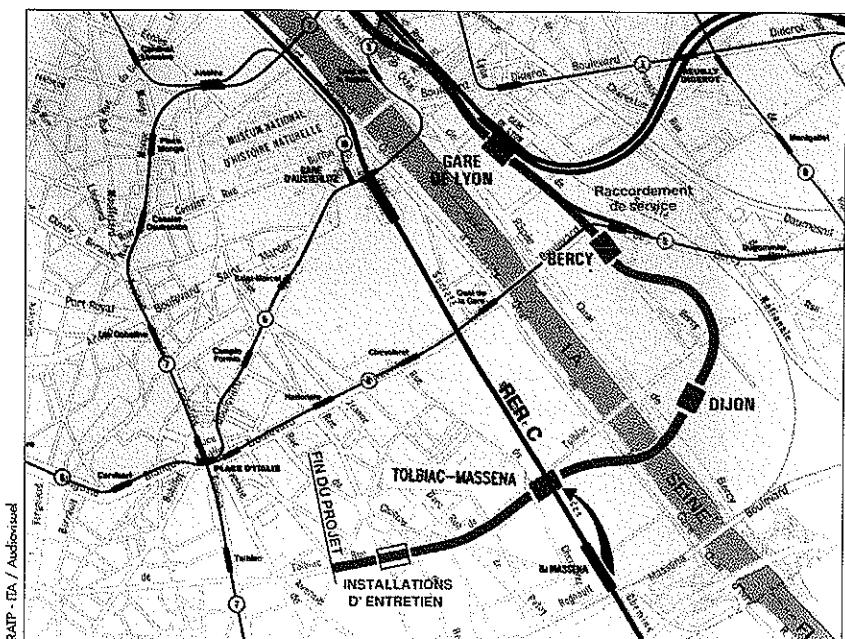
Infrastructures et

Aménagements

**A**près avoir traversé Paris depuis la Madeleine jusqu'à Bercy, le tunnel de Meteor décrit une courbe gracieuse en traversant le parc de Bercy pour arriver au bord de la Seine à 150 m environ en amont du pont de Tolbiac. C'est la limite du 12<sup>e</sup> arrondissement et, pour atteindre le 13<sup>e</sup> et l'autre rive, il faut franchir la Seine...

C'est là que débute la réalisation d'une opération bien spécifique dans la panoplie variée du génie civil, la traversée sous-fluviale par caissons, qu'il convient de différencier de celles réalisées à plusieurs reprises à l'aide de boucliers.

Ce n'est pas "une première", puisque ce type d'ouvrage a déjà été exécuté cinq fois à Paris. Mais



La partie sud de la ligne Meteor avec la traversée sous-fluviale.

cela reste quand même un travail tout à fait particulier, faisant appel à des techniques précises mises en œuvre par des entreprises spécialisées.

## ■ "PLONGEONS"... DANS L'HISTOIRE

C'est en août 1906 que fut réalisée la première traversée sous-fluviale du métro parisien pour la construction de la ligne 4 entre les stations Saint-Michel et Châtelet avec le franchissement du grand et du petit bras de la Seine, par des caissons préfabriqués sur le quai des Tuilleries, faute de place à proximité ! Constitués d'un cuvelage métallique entouré d'une ossature de profilés formant un treillis rigide enrobé de béton pour le fonçage, ils comportaient une chambre de travail à la partie inférieure, dans laquelle les ouvriers venaient terrasser sous air comprimé pour amener le caisson à son emplacement définitif. Les deux traversées, d'une longueur totale de 230 m, furent réalisées en trois ans et demi. Entre 1907 et 1913, la Seine fut à nouveau franchie selon la même méthode par la ligne 8 (actuellement ligne 10) à côté du pont Mirabeau. Le chantier fut fortement retardé par les crues de 1910.

Il faut attendre la reprise des grands travaux de la Régie avec le lancement du RER est-ouest pour retrouver une traversée sous-fluviale, en 1966, en aval du pont de Neuilly. Cette fois, les caissons sont en béton armé précontraint, mais ils comportent encore une chambre de travail sous air comprimé pour leur mise en place définitive après déroctage du calcaire à l'explosif. Les sept éléments, totalisant 220 m de longueur, ont été construits sur place, l'ensemble étant réalisé en vingt-deux mois.

Enfin, c'est en amont du pont des Invalides, pour le raccordement des lignes 13 et 14, que la Seine a été franchie pour la dernière fois, entre 1973 et 1975. Cette fois, la méthode fut différente : les caissons étaient en béton armé précontraint, préfabriqués sur place sur une plate-forme mobile comme au pont de Neuilly, mais ils ne comportaient pas de chambre de travail. Ils furent hâlés au-dessus de leur emplacement définitif et immergés directement dans une souille réalisée au préalable dans le lit du fleuve, ce qui supprima le travail pénible, dangereux et coûteux, à l'air comprimé.

## ■ REVENONS A METEOR

Pour comprendre les raisons du choix de la méthode retenue pour traverser la Seine, rappelons les caractéristiques de l'ensemble des ouvrages inclus dans le marché de Bercy à Tolbiac-Masséna.

La section M16 constitue les ouvrages du souterrain courant sur 857 m, entre le tympan de la station "Bercy" et le tympan de la station "Dijon". Ils

se situent dans les calcaires avec la voûte en affleurement dans les alluvions anciennes, aux extrémités.

La section M17 constitue les ouvrages de la station "Dijon" et de ses accès. Inscrite dans les alluvions et les calcaires, elle occupe le volume entre le niveau des quais et le niveau du sol.

La section M18 constitue les ouvrages du souterrain courant sur 674 m de longueur, entre le tympan de la station "Dijon" et le tympan des accès de la station "Tolbiac-Masséna". Ils se situent dans les calcaires avec la voûte inscrite dans les alluvions anciennes.

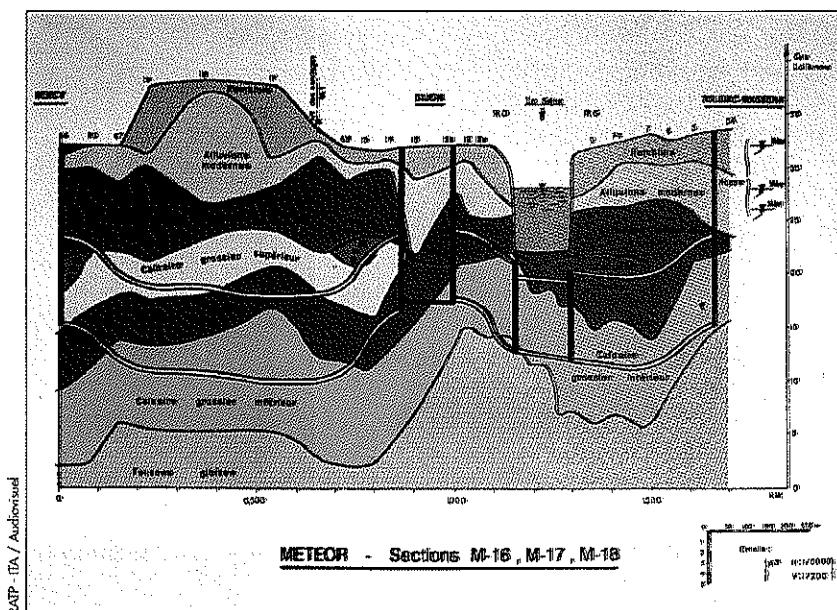
## ■ UN PEU DE GEOLOGIE

**"C'est en août 1906 que fut réalisée la première traversée sous-fluviale du métro parisien pour la construction de la ligne 4 entre les stations Saint-Michel et Châtelet avec le franchissement du grand et du petit bras de la Seine, par des caissons préfabriqués sur le quai des Tuilleries."**

Le tronçon considéré se situe entièrement dans la plaine des alluviales de la Seine. On y rencontre successivement les terrains suivants :

- remblais d'épaisseur variable ;
- alluvions modernes (époque quaternaire), à prédominance limoneuse, dont l'épaisseur augmente à proximité de la Seine et au droit d'anciens bras, des terrains compressibles et généralement peu perméables ;
- alluvions anciennes (époque quaternaire), sablo-graveleuses, très perméables mais très compactes ;
- marnes et caillasses (époque tertiaire), qui n'existent qu'à la faveur des inflexions des couches, dans les structures synclinales (alternance de bancs marneux et calcaires) ;
- calcaire grossier (époque tertiaire), couche puissante de 15 à 20 m d'épaisseur, composée de bancs calcaires de dureté variable, plus ou moins fracturés, généralement très aquifères, et divisée en trois parties :

1°/ calcaire grossier supérieur, généralement dur, assez homogène, commençant le plus souvent par un banc particulièrement dur, le banc de roche,



Profil en long géologique simplifié.

2°/ calcaire grossier moyen, généralement plus tendre que le précédent,

3°/ calcaire grossier inférieur, de couleur verte en raison de la présence de glauconie. Il s'agit de bancs alternativement durs et sableux. Le calcaire grossier inférieur est particulièrement épais dans ce secteur.

- fausses glaises (époque tertiaire), argiles parfois sableuses et ligniteuses de couleur grise, qui passent insensiblement aux argiles plastiques sous-jacentes dans la zone considérée. Elles constituent le terrain imperméable qui retient la nappe phréatique alimentée par la Seine.

Les nombreux sondages de reconnaissance préalable avaient mis en évidence l'hétérogénéité des couches traversées : fracture très importante de la partie supérieure du calcaire, avec de fortes perméabilités, alternance de limons pollués et de sables fins dans les alluvions, sans cohérence précise, couche de calcaire complètement désagrégée voire disparue en fond de Seine, proximité immédiate des sables et argiles du Sparnacien, très compacts et difficilement injectables.

A partir de la station "Bercy", devant le POPB, le tunnel quitte très vite les alluvions anciennes puis les marnes et caillasses pour s'enfoncer dans le calcaire grossier fracturé, l'ensemble étant baigné par la nappe phréatique. Il remonte ensuite jusqu'aux alluvions anciennes pour arriver à la station "Dijon", au milieu du parc de Bercy. Une nouvelle plongée pour passer sous le lit de la Seine le fait s'enfoncer à nouveau dans le calcaire grossier puis les alluvions anciennes.

L'ensemble de ces données, peu encourageantes a priori, a guidé le choix de la méthode d'exécution.

## ■ LE PLUS DIFFICILE : CHOISIR LA MÉTHODE D'EXÉCUTION

Quelle que soit la méthode générale retenue pour la réalisation des sections M16 à 18, la station "Dijon" est construite en parois moulées, avec une fiche suffisante pour assurer la stabilité du fond de fouille lors des terrassements.

Compte tenu des données géologiques entre les stations "Bercy" et "Tolbiac-Masséna", trois méthodes d'exécution très différentes s'offraient à la Régie pour la construction des souterrains :

- utilisation d'un tunnelier,
- méthode traditionnelle en souterrain sur toute la longueur du tracé,
- méthode traditionnelle avec traversée sous-fluviale par caissons immersés.

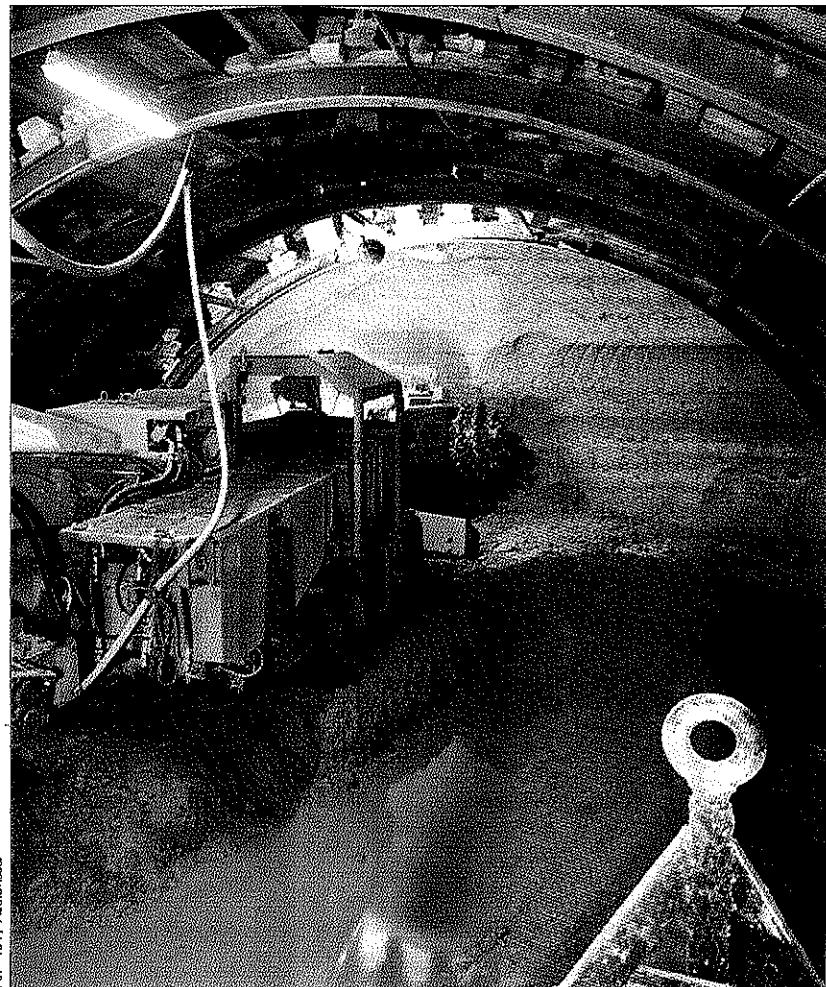
### Utilisation d'un tunnelier

La longueur du projet, 1 500 m, ne plaide pas en faveur de cette méthode, à cause des difficultés d'amortissement de la machine sur une aussi faible distance. Néanmoins, cette éventualité a été étudiée à fond et finalement rejetée pour diverses raisons :

- présence d'un tracé avec courbe et contre-courbe par rayons de 250 m, difficile à exécuter dans des terrains hétérogènes ;
- traversée de la station "Dijon" impliquant une coordination des travaux par rapport aux contraintes extérieures difficile à maîtriser ;
- abaissement important du profil en long de la voie lié au passage sous la Seine, nécessitant de pénétrer largement dans les fausses glaises pour conserver une garde de terre suffisante entre l'extrados du tunnel et le lit du fleuve ;
- enfin, grosses difficultés d'obtention d'une emprise obligatoirement importante à une extrémité du lot considéré pour introduire et desservir le tunnelier.

### Méthode traditionnelle en souterrain

Lorsque la couverture de calcaire est inférieure à 2 m d'épaisseur, un traitement de consolidation et d'étanchement des terrains est exécuté. Dans la mesure du possible, les traitements sont réalisés depuis la surface. A partir de puits spéciaux dits "de service", les travaux sont entrepris par demi-section supérieure puis inférieure. Les terrassements sont réalisés à l'aide d'une machine à attaque ponctuelle, par travée de 1,60 m, avec mise en place d'un soutènement à l'avancement. Chaque fois que cela est nécessaire, des panneaux



Le terrassement de la voûte avec machine à attaque ponctuelle.

spéciaux de drainage des eaux de ruissellement, avec captage par collecteur, sont mis en place avant le bétonnage.

Le bétonnage de la voûte, par anneau de 4,80 m, est réalisé au plus près du front de taille pour éviter toute décompression des terrains sus-jacents.

Le terrassement de la partie inférieure du souterrain est entrepris au plus tôt, à l'aide d'un brise-roche hydraulique, en commençant par l'exécution d'un Stross puis la réalisation de la reprise en sous-œuvre de la voûte reposant sur le calcaire par son élargissement aux naissances. Les travées sont de 4,80 m, la partie inférieure étant bétonnée en une seule fois, au plus près des terrassements. Les eaux de ruissellement sont drainées et collectées avant bétonnage. Cette méthode a fait ses preuves et permet de "passer", comme disent les mineurs. En revanche, la contrainte d'une couverture de terrain traité sous le lit de la Seine impose de s'approfondir dans les fausses glaises très difficiles à injecter et à terrasser. En outre, cet approfondissement entraîne celui de la station "Dijon" pour satisfaire aux règles de tracé des pentes et rampes en tunnel.

## **Méthode traditionnelle en souterrain avec traversée sous-fluviale par caissons immergés**

Pour s'affranchir des sujétions d'abaissement du profil en long de la station "Dijon" et éviter de s'empêtrer dans les fausses glaises, le profil en long est alors calé au plus près du lit de la Seine en accord avec le service de la Navigation.

La traversée du fleuve se réalise alors par la méthode des caissons immergés, le reste des souterrains étant exécuté dans les conditions décrites au paragraphe précédent.

À coûts estimés sensiblement égaux, toutes ces considérations ont donc conduit à mettre en œuvre la troisième solution, plus simple pour l'environnement, et permettant une multiplication des points d'exécution, en restant dans des horizons géologiques acceptables.

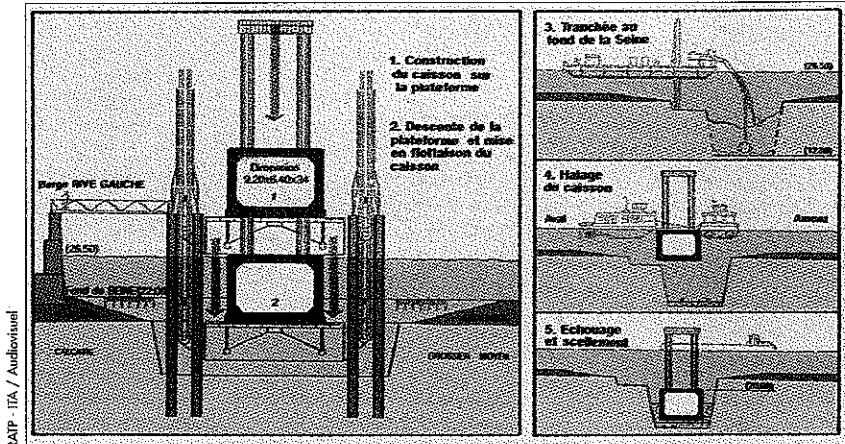
## ET VOILA LA TSF !

La partie du lot dénommée "traversée sous-fluviale" (TSF) correspond strictement à la traversée de la Seine entre murs de quais, le tunnel ainsi réalisé assurant la jonction entre les 12<sup>e</sup> et 13<sup>e</sup> arrondissements.

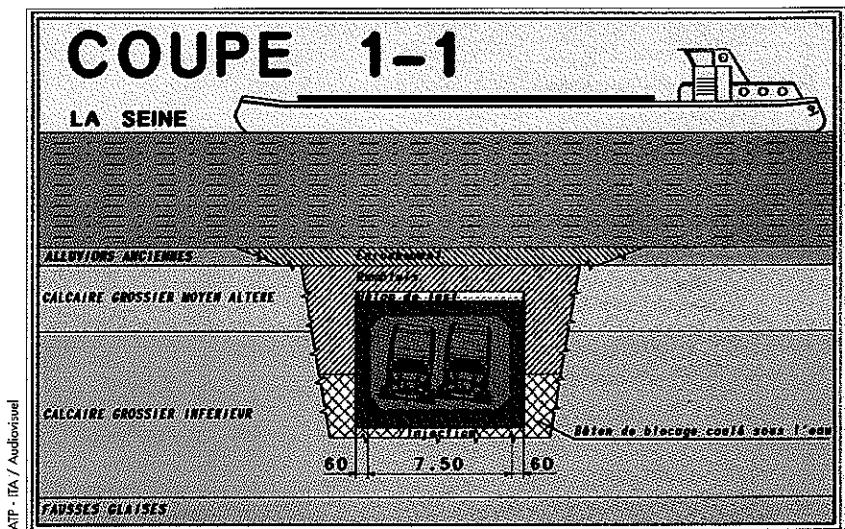
Elle comporte quatre caissons identiques et deux ouvrages de raccordement avec les tunnels réalisés en souterrain.

## La structure des caissons

Le tracé en plan de l'ouvrage est une courbe de 300 m de rayon. Les caissons sont réalisés suivant un tracé polygonal de 33,80 m sur l'axe de l'ouvrage. Les caissons préfabriqués en béton précontraint sont longs de 33,80 m, hauts (extérieur) de 6,30 m



## Principe d'exécution des caissons immersés selon la méthode TSF - Traversée Sous-Fluviale - choisie pour Météor.



### *Coupe du franchissement de la Seine par la ligne Météor.*

et larges (extérieur) de 9,18 m. Ils représentent une longueur totale, y compris joints, de 135,60 m. Les piédroits et la dalle supérieure ont une épaisseur de 0,60 m, le radier une épaisseur de 0,90 m. Le poids d'un caisson y compris celui des cloisons provisoires en béton armé et des équipements nécessaires à la pose est de 1 800 t.

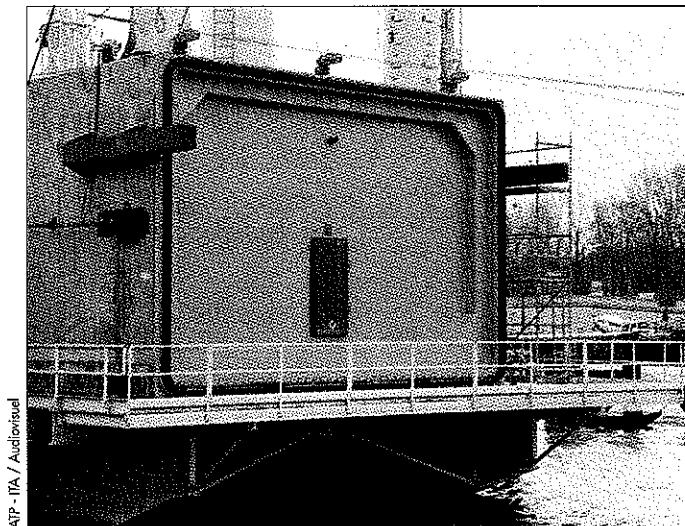
## L'étanchéité

L'étanchéité entre les deux caissons est assurée par un joint en caoutchouc dit "Gina", fixé par brides sur le caisson en cours de pose. Le joint est alors comprimé sur le caisson en place par la poussée hydrostatique qui s'applique sur la cloison d'extrémité.

Après les opérations de blocage des caissons, depuis l'intérieur du caisson, un joint Oméga est mis en place en sécurité.

Les caissons sont précontraints dans les trois dimensions. La précontrainte transversale assure la stabilité du cadre sous les différentes sollicitations et en particulier sous les poussées dues au remblai et à la crue centennale. La précontrainte longitudinale participe à l'étanchéité de l'ouvrage.

**"La TSF comporte quatre caissons identiques et deux ouvrages de raccordement avec les tunnels réalisés en souterrain."**



RATP - ITA / Audiovisuel

Extrémité d'un caisson et dispositif d'étanchéité entre deux caissons.

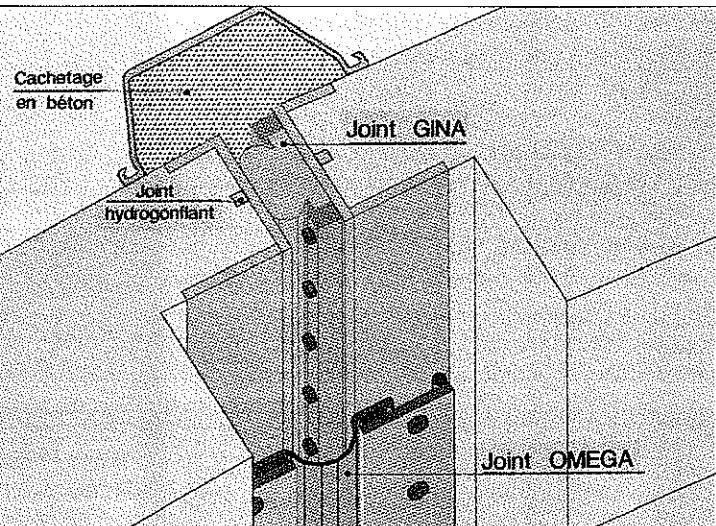
#### L'équipement des caissons

Lors de la préfabrication, les caissons comportent :

- des pièces d'about pour appui et fixation du joint Gina,
- un joint Gina,
- des cloisons provisoires en béton armé aux extrémités pour assurer leur flottabilité,
- des piscines intérieures compartimentées pour le lestage provisoire,
- des fers Halfen en vue de la fixation de chemins de câbles sur les piédroits ou de caténaires en plafond,
- des organes d'amarrages pour les diverses manutentions à leur faire subir,
- des douilles "Vapé" diverses pour la fixation de la tour d'accès et quatre réservoirs verticaux pour immersion.

Après la mise à l'eau, il est ajouté :

- un joint Oméga,
- des dalles coupe-feu de protection des joints entre caissons.



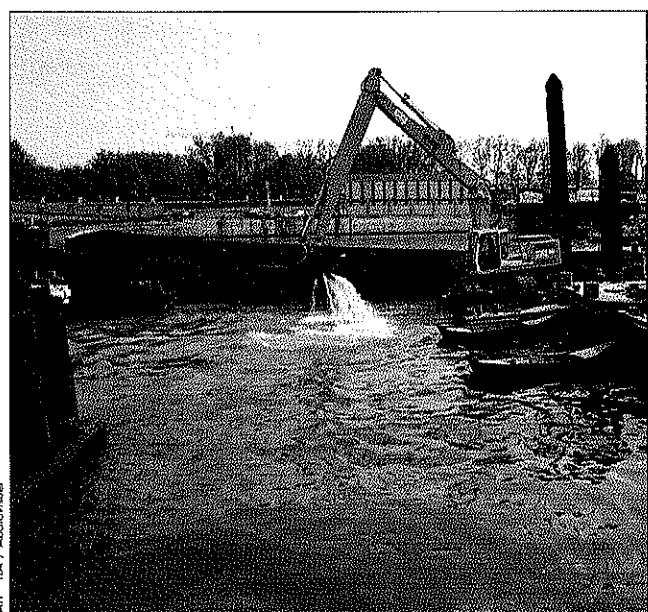
#### LA "SOUILLE" DANS LE LIT DE LA SEINE

La souille est la tranchée creusée dans le lit de la Seine, entre chaque rive, pour recevoir les caissons préfabriqués.

Le profil géologique rencontré est le suivant :

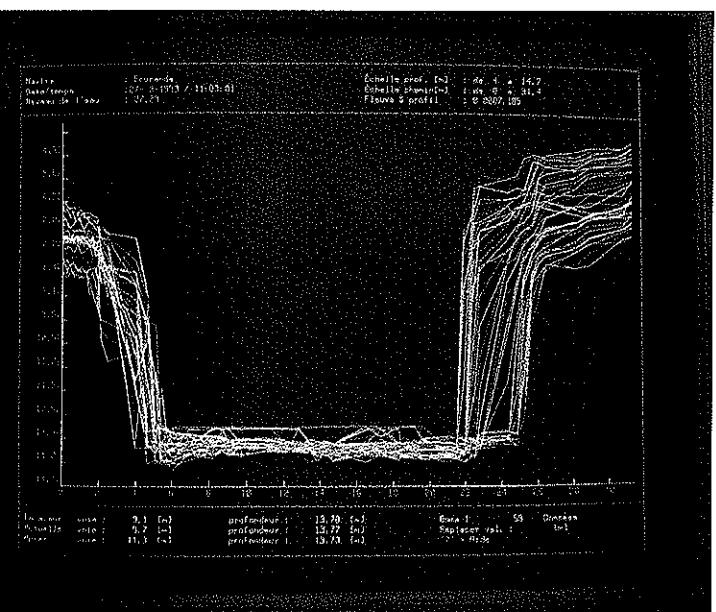
- alluvions (sables et graviers) dans le fond du lit ;
- calcaire grossier ;
- fausses glaises.

La profondeur de la fouille à réaliser est de 14 m environ sous le niveau d'étiage. Dans les alluvions, la fouille est talutée à 5/1 pour assurer la stabilité suivant les courants normaux. Dans le calcaire, le talus de dragage après trépanage a pu être contenu entre la verticale et 1/5. Au contact des berges, les travaux de dragage sont précédés par des traitements de terrain délimités par des batardeaux en Seine et réalisés à partir d'une plate-forme de travail. Les murs de berge sont renforcés par des barres d'ancre.



RATP - ITA / Audiovisuel

Dragage de la souille et contrôle du fond de souille par relevés sonar.



Le dragage est réalisé à partir d'un ponton équipé de pieux, à l'aide d'une pelle hydraulique équipée en rétro dans les premières passes puis en benne preneuse pour atteindre le fond de fouille. Pour délimiter la fouille et éviter les hors-profilés à l'arrachement des bancs de calcaire, un prédécoupage par fragmentation à l'aide d'un vibro-fonceur monté sur un profilé de gros gabarit est exécuté. L'implantation de la fouille est assurée par les géomètres qui positionnent le ponton de travail à chaque déplacement. Avant la pose d'un caisson, la fouille est contrôlée par le bâtiment Ecoranda du service de la Navigation de la Seine. Ce bâtiment comporte un fond plat équipé de sonars reliés à un système d'enregistrement informatisé embarqué. Les relevés de la fouille sont délivrés quasi instantanément. Localement, des approfondissements de fouille sont réalisés pour couler sous l'eau le béton des appuis provisoires des caissons. Sous la plate-forme de préfabrication des caissons, un approfondissement du lit de la Seine a été nécessaire pour permettre la manutention des caissons.

## LE PREMIER CAISSON PREND FORME

Les caissons sont coulés sur un plancher de travail solidaire de la plate-forme de manutention.

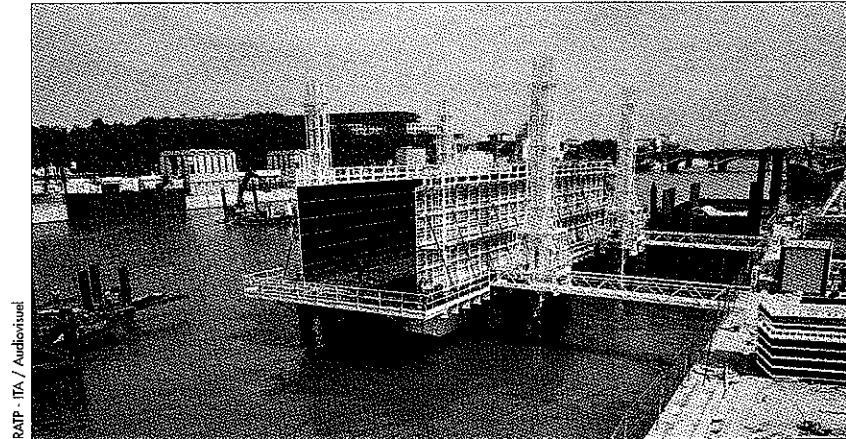
La plate-forme implantée sur le fleuve en dehors de la passe de navigation est fondée sur quatre appuis constitués de quatre pieux métalliques fichés dans le calcaire par battage. La plate-forme est un ensemble métallique monobloc étudié pour éviter les déformations au moment du bétonnage. Une tôle de protection aux chocs du radier du caisson reçoit l'ensemble de la construction et demeure en coffrage perdu. Le coulage s'effectue en commençant par le radier en une fois, puis les piédroits et la dalle de couverture en deux fois dans le sens longitudinal sur un coffrage tunnel. La précontrainte triaxiale commence au plus tôt. Le béton employé est un B 35 CPA prise mer. Le cycle complet de fabrication dure dix semaines, y compris la mise en tension des câbles de précontrainte et l'installation des équipements nécessaires à la pose.

## VOUS AVEZ DIT "PRECONTRAINTE" ?

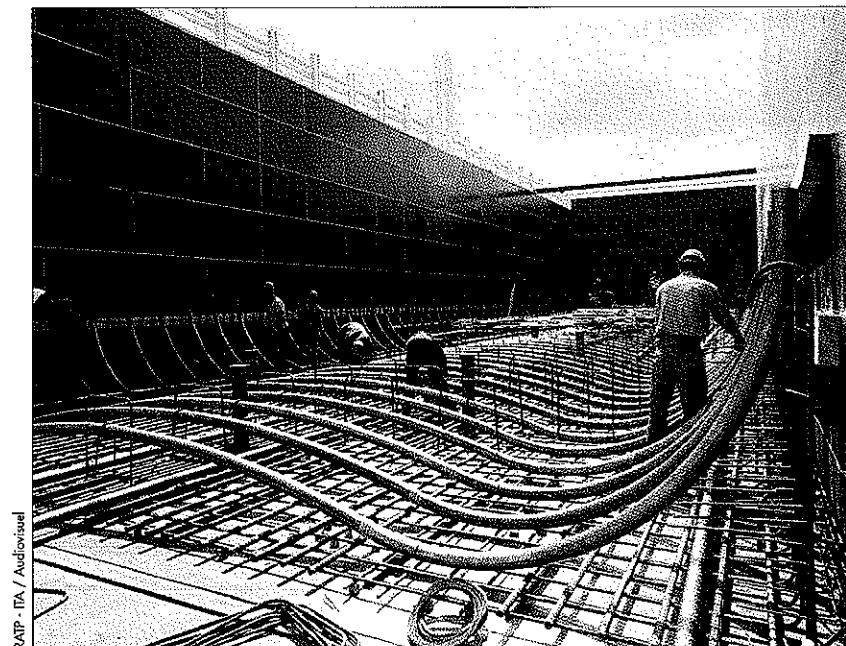
La précontrainte consiste à appliquer un effort de compression dans le béton de structure, de manière à obtenir une contrainte résiduelle dans le béton qui sera toujours en compression quelles que soient les sollicitations subies par le béton armé.

Cette solution supprime la fissuration du béton armé et contribue à garantir l'étanchéité de l'ouvrage.

La précontrainte est obtenue par la mise en tension de câbles composés d'un ensemble de torons. Les extrémités des câbles se terminent par des



Le coffrage extérieur du caisson sur sa plate-forme de pré-fabrication



Le ferrailage du radier d'un caisson et la pose des gaines de précontrainte.

cônes d'ancrage. La mise en tension est exécutée à l'aide de vérins hydrauliques de forte capacité (100 t), prenant appui sur des plaques métalliques encastrées dans le béton. Le maintien des câbles en tension est assuré par des clavettes autobloquantes placées dans les têtes d'ancrage.

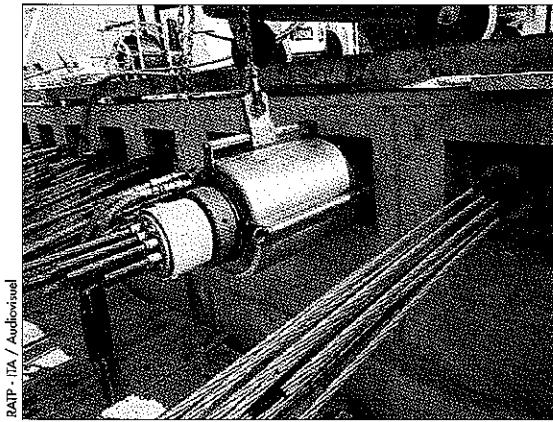
### Principe du procédé

Le procédé LH mis en œuvre par l'entreprise Spie Batignolles consiste à mettre en tension et à ancrer les câbles constitués de torons T 15. Ceux-ci sont tendus simultanément et sont ancrés individuellement dans un bloc d'ancrage, par l'intermédiaire de clavettes coniques bivalentes.

### Ancrage

L'ancrage est constitué essentiellement de trois parties :

- une plaque d'appui fixée à la trompette ;
- un bloc d'ancrage percé de trous coniques ;
- des clavettes.



Mise sous tension des câbles de vérinage.

### Les vérins

Les torons constituant le câble sont tendus simultanément au moyen des vérins LH, conçus pour permettre :

- la mise en tension en une ou plusieurs étapes,
- l'accrochage simultané et automatique de tous les torons,
- en fin de tension, le clavetage pour amorcer le blocage des clavettes dans le bloc d'ancrage.

A la fin de l'opération, les gaines sont remplies par injection d'un coulis de ciment pour protéger les câbles de l'oxydation. Une étanchéité adhérente complète la protection sur le cachetage des têtes d'ancrage.

## ET VOGUE... LE CAISSEON !

Une fois achevé, le caisson est :

- mis à l'eau,
- translaté dans le fleuve pour l'amener au droit de sa position d'échouage,
- posé au fond de la souille,
- fixé dans sa position définitive.

**"La mise à l'eau est réalisée par la descente, dans la Seine, de la plate-forme surmontée du caisson."**

### Mise à l'eau

La mise à l'eau est réalisée par la descente, dans la Seine, de la plate-forme surmontée du caisson. Celle-ci est suspendue par des bretelles métalliques rigides perforées tous les 50 cm pour assurer les reprises. Un mors mobile reposant sur vérin assure la descente par passes de 50 cm lors de la manœuvre avec reprises par goupilles. L'ensemble plate-forme plus caisson (1 800 +300 t) est actionné par quatre vérins de 700 t chacun dont les commandes sont synchronisées pour éviter toute déformation. La plate-forme s'efface dans sa souille jusqu'à la mise en flottaison du caisson. Cette opération, descendant le caisson à 10 m environ sous sa position de bétonnage, dure huit heures.

La sortie du caisson en flottaison est assurée au moyen de tire-forts prenant appui sur les ducs d'Albe de protection de la plate-forme et sur des bittes d'amarrage scellées sur la berge. Les contrôles de l'étanchéité du caisson ainsi que du tirant d'air peuvent s'engager. Le réglage de l'assiette est affiné par le remplissage des piscines intérieures. A ce moment, la plate-forme peut être remise en position de plancher de préfabrication pour lancer la construction du caisson suivant.

### Translation

Dans les jours qui suivent la mise en flottaison, en accord avec le service de la Navigation, un barrage total de la navigation, de 8 h 00 à 20 h 00, est demandé au ministère des Transports. Le jour venu, le caisson est pris en charge par deux pousseurs de 800 chevaux chacun de façon à contrecarrer la poussée du courant. Un troisième pousseur brûlé latéralement assure le déplacement du caisson jusqu'à l'aplomb de son emplacement définitif.

### Pose

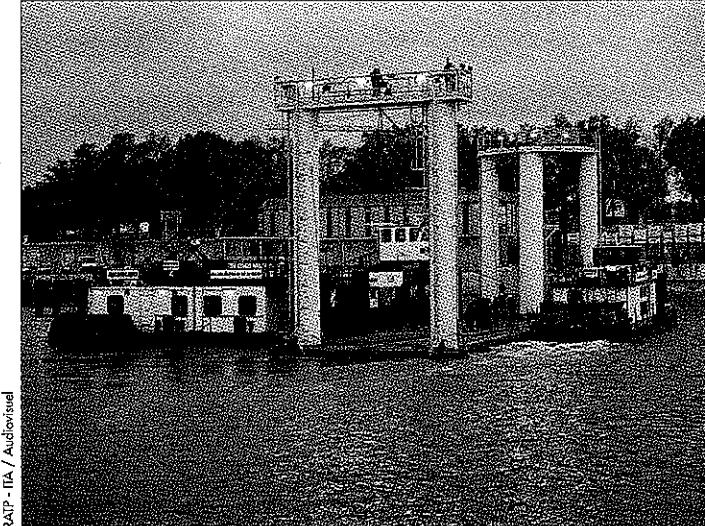
Le mouvement d'immersion est assuré par un lestage d'eau dans les piscines intérieures de manière à obtenir un tirant d'air nul. La descente contrôlée est obtenue par le remplissage des ballasts constitués de quatre tubes de 1,20 m de diamètre et 11 m de hauteur, placés au 4 coins du caisson. Ces réservoirs jouent le rôle de stabilisateurs pendant toute l'immersion. En fin de course, le caisson vient se poser sur des appuis provisoires préalablement bétonnés au fond de la souille. Ces appuis sont équipés de cales métalliques parfaitement réglées en nivellation.

Longitudinalement, le caisson n° 1 vient s'accoster sur une butée de réglage. Latéralement, le caisson est réglé par l'intermédiaire de tire-forts prenant appui sur la berge et les ducs d'Albe de protection. Les caissons suivants viennent se centrer sur le caisson précédent au moyen de deux bras guides, le fin réglage étant toujours assuré par des tire-forts.

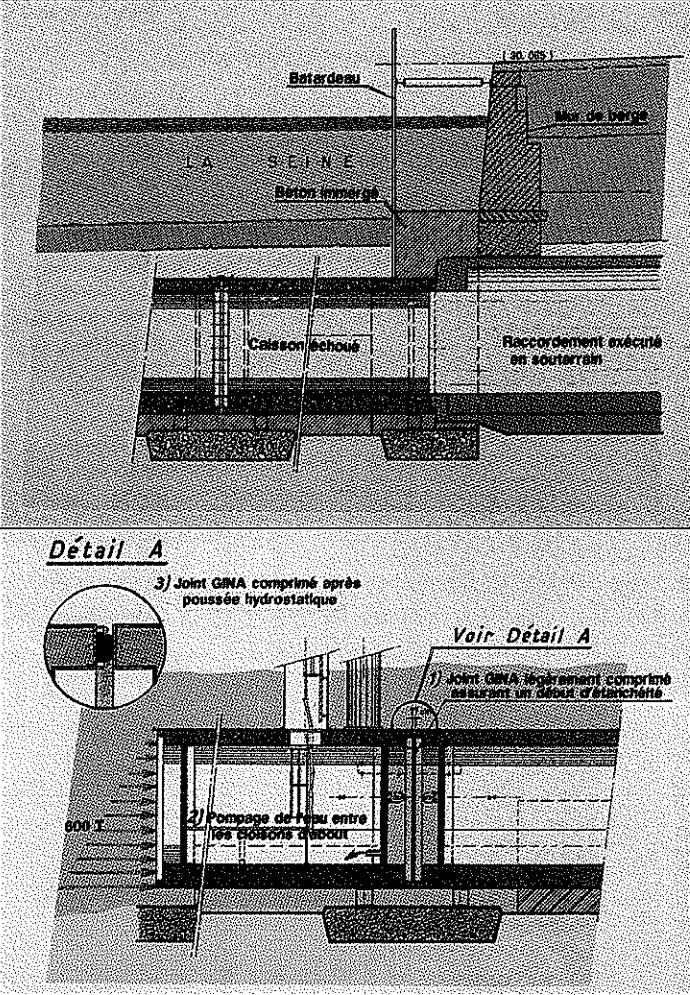
Longitudinalement, la mise en contact du joint Gina est prise en charge par deux tirants latéraux actionnés par vérin. Lorsque la lèvre du joint adhère sur tout son périmètre, une vanne libère l'eau emprisonnée entre deux caissons et la pous-



Vue d'un caisson équipé de ses ballasts hauts de 11 m, avant sa mise à l'eau.



RATP - ITA / Audiovisuel



En haut : raccordement entre deux caissons. En bas : raccordement du souterrain avec le caisson.

*Translation du caisson jusqu'à l'emplacement définitif de pose.*

sée hydrostatique ainsi mobilisée assure l'écrasement du joint Gina, l'étanchéité complète et impose la position de ce caisson.

La navigation fluviale est rendue après ces opérations. Des passes de navigation réduites subsistent pendant quinze jours pour permettre les travaux de blocage.

#### Blocage

Après les ultimes vérifications d'implantation des caissons, depuis l'intérieur, avec un gyroscope et le contrôle de l'étanchéité du joint à partir d'une porte réservée dans la cloison provisoire, on peut engager le blocage définitif du caisson. Dans un premier temps, on le leste en position vérifiée en le remplaçant partiellement d'eau. Dans un second temps, on le scelle au terrain en remplaçant l'intervalle compris entre le terrain et le caisson avec du béton coulé sous l'eau. Ce béton de scellement fait également office de lest définitif prenant appui sur les talonnettes extérieures du caisson. A l'extérieur, le joint Gina est protégé par un cordon de béton coulé dans une palplanche servant de coffrage. On peut alors obturer le trou d'homme, déposer la cheminée d'accès et les réservoirs-ballasts. La navigation fluviale est rétablie jusqu'à la pose suivante.

### LES OUVRAGES DE RACCORDEMENT

La jonction entre le souterrain courant sensiblement circulaire et le caisson rectangulaire est réalisée par un ouvrage de transition creusé en souterrain dans un béton de blocage coulé dans la souille entre le caisson et la berge. Ce béton est maintenu en place par un batardeau en palplanches coiffant le caisson, le raccordement étant exécuté en souterrain à partir des tunnels adjacents.

Les caissons sont en place. Quand la démolition des cloisons d'extrémités sera réalisée, les joints intérieurs terminés et les ouvrages de raccordement achevés, Météor pourra traverser la Seine, sans se mouiller les pneus !

**"Quand la démolition des cloisons d'extrémités sera réalisée, les joints intérieurs terminés et les ouvrages de raccordement achevés, Météor pourra traverser la Seine, sans se mouiller les pneus !"**

### ET POUR FINIR OU EN EST-ON MAINTENANT ?

Le chantier de la traversée sous-fluviale a subi bien des vicissitudes depuis sa mise en route. Dès la mi-décembre 1993, des gelées, combinées à des crues tout à fait inhabituelles en cette période, ont contrarié la mise à l'eau du caisson n° 2. Ce dernier n'a pu être translaté sur son lieu d'échouage en raison de la crue persistante entraînant de nombreux apports qui remplissaient la souille au fur et à mesure de son curage.

Cette situation a néanmoins permis de construire le caisson n° 3 sur la plate-forme mobile mais le caisson n° 2 a dû patienter sagement dans l'eau, à côté de la plate-forme, que la baisse du niveau d'eau et surtout le ralentissement du courant permettent de nettoyer la souille pour réaliser les opérations de halage. C'est maintenant chose faite : le 25 mai 1994, le caisson n° 2 a gagné son emplacement définitif, le caisson n° 3 a suivi le 28 juin 1994. En attendant, la construction du dernier élément (le caisson n° 4) a déjà commencé sur la plate-forme de montage...

Nos lecteurs peuvent être rassurés : pour l'instant, le délai contractuel global de l'opération est respecté !

## METEOR, LE CŒUR EST À BERCY

En première mondiale à cette échelle, Météor sera entièrement automatisé. Le centre vital permettant de gérer cette prouesse technique est inséré dans la station Bercy, au pied du POPB.

## METEOR, ITS HEART IS AT BERCY

First of its kind on this scale, Meteor will be fully automated. The Central Control Room (CCR) that will manage the operation of this technical feat is established at the station Bercy nearby the "Palais Omnisports de Bercy".

## DIE-METEOR-LINIE, IHR HERZ SCHLÄGT IN BERCY

Maßstäblich als erste in der Welt wird die Meteor-Linie vollständig automatisiert betrieben. Die zentrale Betriebsleitstelle, welche dieses technische Meisterwerk steuert, befindet sich in der Station Bercy, am Fuße des Palais Omnisports.

## METEOR, SU CORAZON SE SITUA EN BERCY

Meteor, sistema totalmente automatizado representa un estreno mundial. El centro vital que va a administrar esta proeza técnica se ubica en la estación de Bercy al pie del POPB.

# METEOR

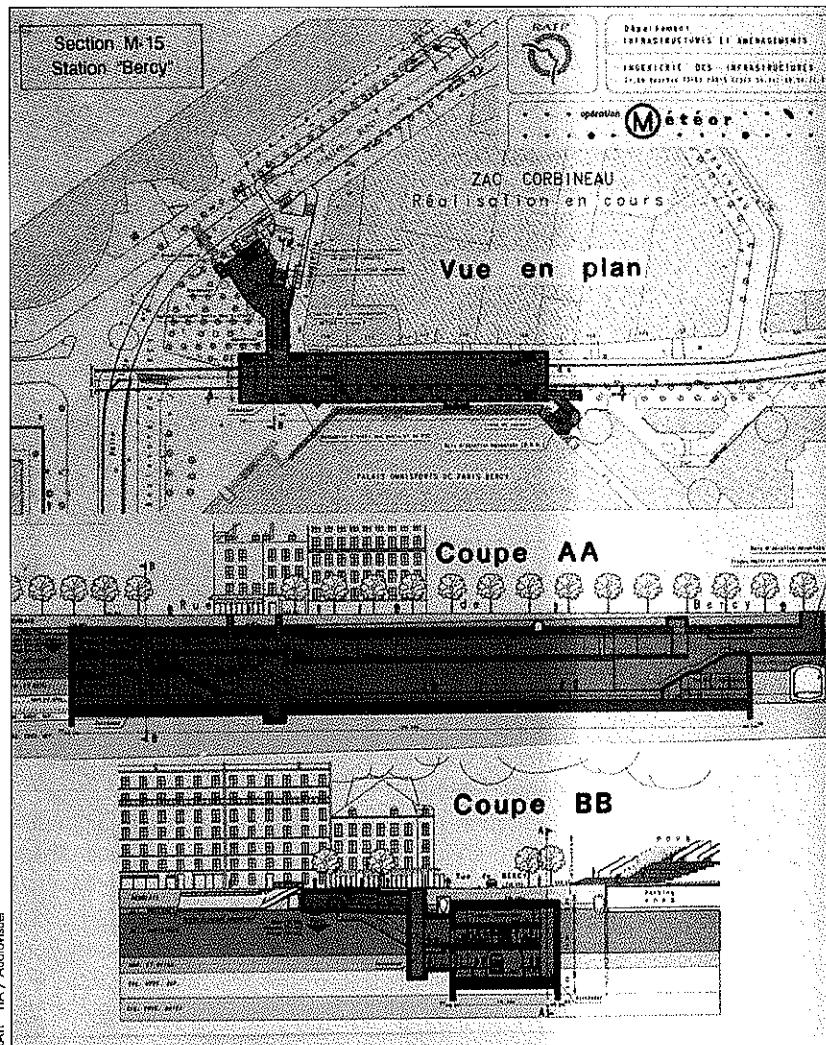
# Le cœur est à Bercy

par Jean-Michel Houeix,  
Alain Donjon et  
Jean-Claude Gicquel,  
Département des  
Infrastructures et  
Aménagements

**A**u sortir de la Gare de Lyon, Météor emprunte la rue de Bercy et passe devant le POPB. Là, il s'arrête, dans une gare un peu particulière, tout au moins dans sa définition : la station "Bercy", appelée à de grandes ambitions. En effet, cette station, de banale apparence, va abriter la base même de Météor, son cœur en quelque sorte, le poste de commande centralisé de la ligne. Rappelons tout d'abord que c'est une ligne entièrement automatisée qui se met en place, et pour la première fois au monde dans un tel gabarit. Cela suppose une mise au point parfaite de tout un système particulièrement complexe, inévitablement soumis à des incidents divers. Et c'est de Bercy que toutes les informations relatives au bon fonctionnement de l'ensemble partiront pour lisser les intervalles, les incidents en ligne et les interventions éventuelles, de quelque nature que ce soit.

## ■ UN LIEU ÉTRANGE... ET VITAL !

Le PCC, Poste de Commande Centralisé, permettra, en toute sécurité, d'assurer le départ et le retournement des trains et de moduler les fréquences de passage tout au long de la journée selon le niveau de la demande de transport. C'est ainsi, par exemple, que l'automatisation pourra assurer aux heures creuses un service attractif, au moindre coût, et permettra d'adapter très rapidement la capacité de transport à des pointes de trafic liées à des situations exceptionnelles : affluences de fin de semaine, départs en vacances aux gares Saint-Lazare et de Lyon, affluences de spectateurs au Palais Omnisport de Paris-Bercy, etc. Des systèmes de communication permettront d'adresser des messages aux voyageurs dans les trains et sur les quais. Les voyageurs pourront, de leur propre initiative, communiquer également depuis chaque voiture avec les opérateurs du



Plan et coupes de la station "Bercy".

PCC. Des liaisons vidéo permettront de visualiser, à la demande des opérateurs du PCC ou en cas d'alarme, les échanges de voyageurs sur les quais de toutes les stations et à l'intérieur de chaque voiture.

Cet ensemble de dispositifs donnera aux voyageurs un sentiment de sécurité, accru par la configuration des rames propres à Météor. En effet, celles-ci seront de type "Boa", sans cloison entre les divers éléments, avec une visibilité complète sur toute la longueur du train. Dans ces conditions, les usagers se sentiront moins isolés, reliés en permanence au monde extérieur par l'intermédiaire du "cœur" de Météor...

## UNE INSERTION REUSSIE

Située sous la rue de Bercy, à l'est du carrefour de la rue et du boulevard de Bercy et au droit du POPB, la station assure la desserte du pôle "Bercy" qui comprend notamment le ministère de l'Economie, des Finances et du Budget, le POPB, les ZAC Bercy et Corbineau-Lachambeaudie et la gare SNCF de Bercy. Elle est, en outre, en

correspondance avec la ligne 6 du métro. L'ouvrage, de type "cadre", comporte deux quais latéraux de 6 m de largeur, situés à 14 m du niveau du sol. La station dispose d'un accès principal place du Bataillon-du-Pacifique par les trémies actuelles de la ligne 6 dont l'une est remaniée. La salle des billets de cette même ligne, également remaniée et agrandie, sera commune à Météor et à la ligne 6. Enfin, une issue de secours, établie à l'extrémité est de la station, débouche rue de Bercy, au pied des gradins du Palais Omnisport de Paris-Bercy.

Comme toutes les stations de la ligne Météor, "Bercy" est équipée d'un accès pour personnes à mobilité réduite. L'édicule de l'ascenseur donnant accès à la salle des billets depuis le niveau de la voie publique est implanté place du Bataillon-du-Pacifique. Après la ligne de contrôle, et en continuité avec le niveau de la salle des billets, une passerelle mène à un ascenseur qui dessert un quai et la mezzanine à partir de laquelle un second ascenseur permet d'accéder à l'autre quai.

## UNE GREFE DE CŒUR ENCOMBRANTE

Les Etudes étudient et les Travaux réalisent, ainsi va le monde à la RATP depuis qu'elle existe ! Mais les choses se corset quand les études vous livrent le "cœur de Météor", en recommandé, avec son adresse d'insertion : "bien au chaud, calé entre le POPB et les immeubles, sous la partie de la rue de Bercy comprise entre le boulevard de Bercy et la rue Corbineau".

Le colis est imposant : 120 m de long, 18 m de large, 14 m de hauteur. Les précautions d'emploi contraignantes : "S'il vous plaît, ne m'enterrez pas à plus de 3 m de profondeur pour que je

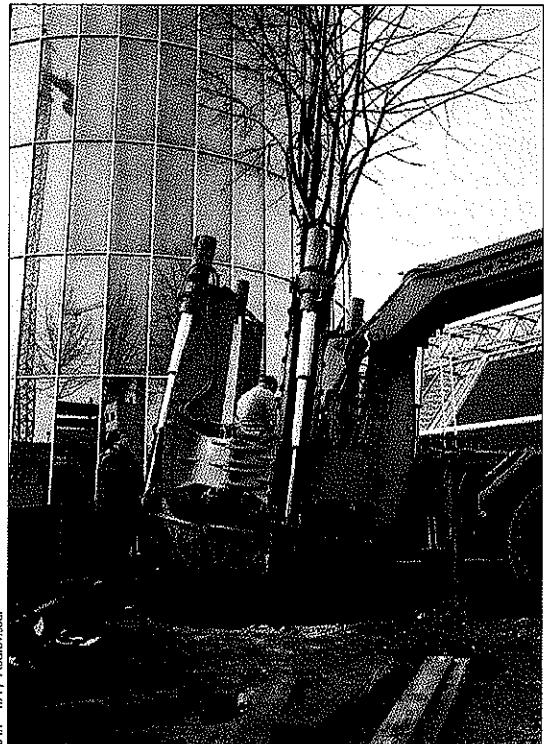


Vue générale du chantier de "Bercy".

puisse voir la lumière du jour qui me viendra de la salle des billets comme me l'ont promis mes parents, les architectes."

## ■ PREPARATION DU "CHAMP OPERATOIRE"

Les ouvrages importants construits par la RATP, surtout ceux qui sont à faible profondeur, s'insèrent dans le tissu urbain à la manière du coucou qui fait son nid dans celui des autres oiseaux après avoir soigneusement évacué les œufs qui le gênent.



Transplantation des arbres.

En ce qui concerne la station "Bercy", un égout a dû être dévié, ainsi que les réseaux de gaz, électricité et PTT et le branchement particulier du POPB. En plus de tous ces travaux qui ont duré sept mois, 39 arbres ont été transplantés et reviendront sur place à la fin des travaux après avoir pris vigueur et force au bois de Vincennes, pendant les trois années de grandes vacances que leur offre la RATP !

Pendant cette phase préliminaire qui dressait le "lit" de la station, les responsables des travaux, en étroite collaboration avec les études, préparaient la "greffe" du cœur de Météor dans le tissu urbain.

La méthode d'exécution de ce parallélépipède s'est imposée comme une évidence aux techniciens. Il fallait le plus vite possible construire les parois et la couverture de la station et, ensuite, excaver l'intérieur "en taupe" (n'est-ce pas là notre vocation ?) d'une façon discrète en diminuant les impacts de surface.

**"En ce qui concerne la station "Bercy", un égout a dû être dévié, ainsi que les réseaux de gaz, électricité et PTT et le branchement particulier du POPB."**

## ■ UNE PRIORITE : LES RIVERAINS

Mais, ici comme ailleurs, il faut éviter les phénomènes de rejet. Si l'insertion d'un chantier de cette ampleur, en pleine ville, ne peut se faire qu'avec l'accord des autorités locales, politiques, de voirie et de police, il ne faut pas sous-estimer l'importance des riverains qui auront à souffrir au quotidien des nuisances apportées par les travaux. La campagne d'information menée avant et pendant les travaux a permis que, jusqu'à ce jour, ils se déroulent sans encombre.

Dans le secteur d'implantation de la station, la rue de Bercy est bordée du côté impair par le POPB et du côté pair par des petits commerces de proximité ainsi que des immeubles en construction.

La phase la plus délicate à exécuter, pour l'environnement, était celle des travaux à ciel ouvert. Deux solutions ont été proposées aux services de voirie et de police : maintien de la circulation dans la rue de Bercy entre le boulevard et la rue Corbineau ou déviation de la circulation par le boulevard en remettant la rue Corbineau à double sens.

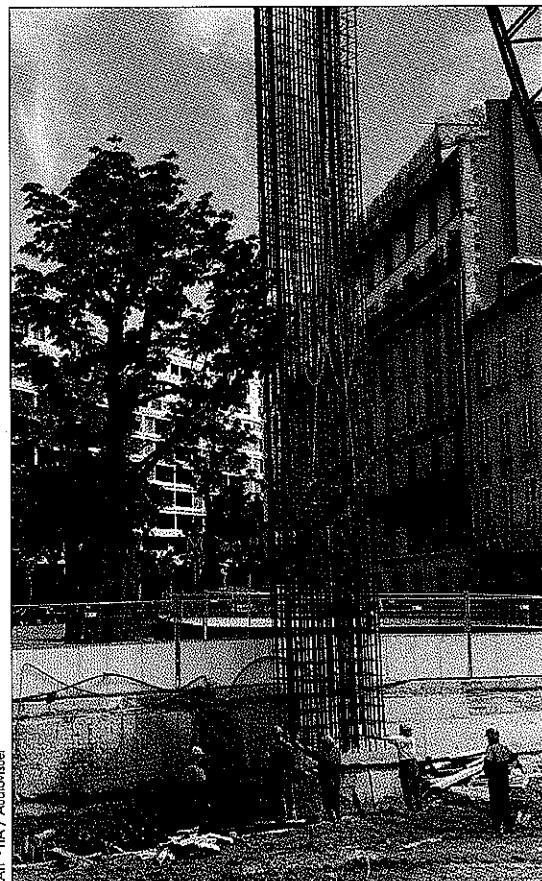
La première solution, si elle maintenait la circulation, conduisait à la dévier 7 fois, chaque déviation imposant un arrêt de chantier, un changement de la signalisation, etc., et surtout une interruption de la circulation de quelques jours pendant les phases transitoires de basculement.

La seconde solution, assortie de l'engagement pris par la RATP d'exécuter cette phase en six mois, était plus économique pour le maître d'ouvrage et finalement moins contraignante pour les riverains. Après avoir été acceptée par les services compétents, elle reçut un accueil favorable des riverains lors des réunions d'information qui ont précédé l'ouverture du chantier.

Les commerçants ont accepté d'être livrés à l'extrême de la rue de Bercy, et il a été convenu avec le promoteur des immeubles en construction que l'accès aux parkings serait assuré dès l'arrivée des locataires.

## ■ LE DEBUT DE "LA GREFFE"

Les travaux ont donc commencé par la réalisation des parois, par la méthode dite "parois moulées dans le sol". Ces parois de 0,80 m d'épaisseur et de 16 m de hauteur sont bien ancrées dans le calcaire après avoir traversé les différentes couches de terrain de la région parisienne (remblais, alluvions, marnes et caillasses). Elles sont constituées de panneaux de 6 m environ, l'étanchéité entre les panneaux étant assurée au moyen d'un joint de type Waterstop. La technique des parois moulées consiste à réaliser d'abord les murs de l'ouvrage futur, de façon à pouvoir ensuite venir excaver l'intérieur à l'abri de l'enceinte ainsi constituée.



RATP - ITA / Audizioni

*Mise en place des cages d'armature.*

Le terrassement des parois est exécuté à l'aide d'une excavatrice appelée "hydrofraise" qui évacue les déblais par pompage et dans le même temps remplit le vide d'une boue de bentonite-ciment. Cette boue maintient les parois de la tranchée jusqu'à son bétonnage. Dans cette tranchée de 6 m de long, terrassée en 3 passes, les cages d'armatures sont mises en place et le béton coulé en remontant depuis le fond de fouille. Simultanément, la boue est aspirée, stockée et recyclée, prête pour un réemploi.

## ■ UNE "PREMIERE" A LA RATP

Pour sa greffe, le "cœur de Météor" méritait un traitement d'exception. Aussi, les parois moulées ont-elles été réalisées à l'aide d'une machine entièrement nouvelle, "l'hydrofraise latine". Elle n'a été choisie ni pour le parfum d'Italie contenu dans son nom ni pour sa belle couleur parfaitement assortie au vert des pelouses du POPB. Cette machine, la première en Europe, a un très faible encombrement, est peu bruyante et s'inscrit avec un minimum de nuisances en milieu urbain. Pour les techniciens, elle a l'avantage d'être asservie à un ordinateur qui donne à tout moment les paramètres de forage : implantation, verticalité, dureté des terrains, perte de coulis. Toutes les anomalies constatées peuvent donc être corrigées en temps réel.

## ■ APRES L'ENVELOPPE, LE COUVERCLE...

Les parois représentant une superficie de 4 500 m<sup>2</sup> ont été réalisées en trois mois et demi. Il n'y avait alors pas de temps à perdre pour réaliser la dalle de couverture, remblayer et rendre la circulation dans le délai prévu.

Le terrassement a été approfondi jusqu'au niveau inférieur de la dalle de couverture. Le coffrage posé sur le sol, les armatures mises en place, la dalle, d'une épaisseur moyenne de 1,30 m et représentant un volume total de béton de 3 850 m<sup>3</sup>, a été coulée en quatre phases.

Le coulage le plus important a été celui de la première phase, 1 300 m<sup>3</sup> en une journée de dix heures avec l'aide de 3 pompes à béton et une noria de toupies qui les approvisionnaient depuis la centrale à béton du Quai de la Gare.

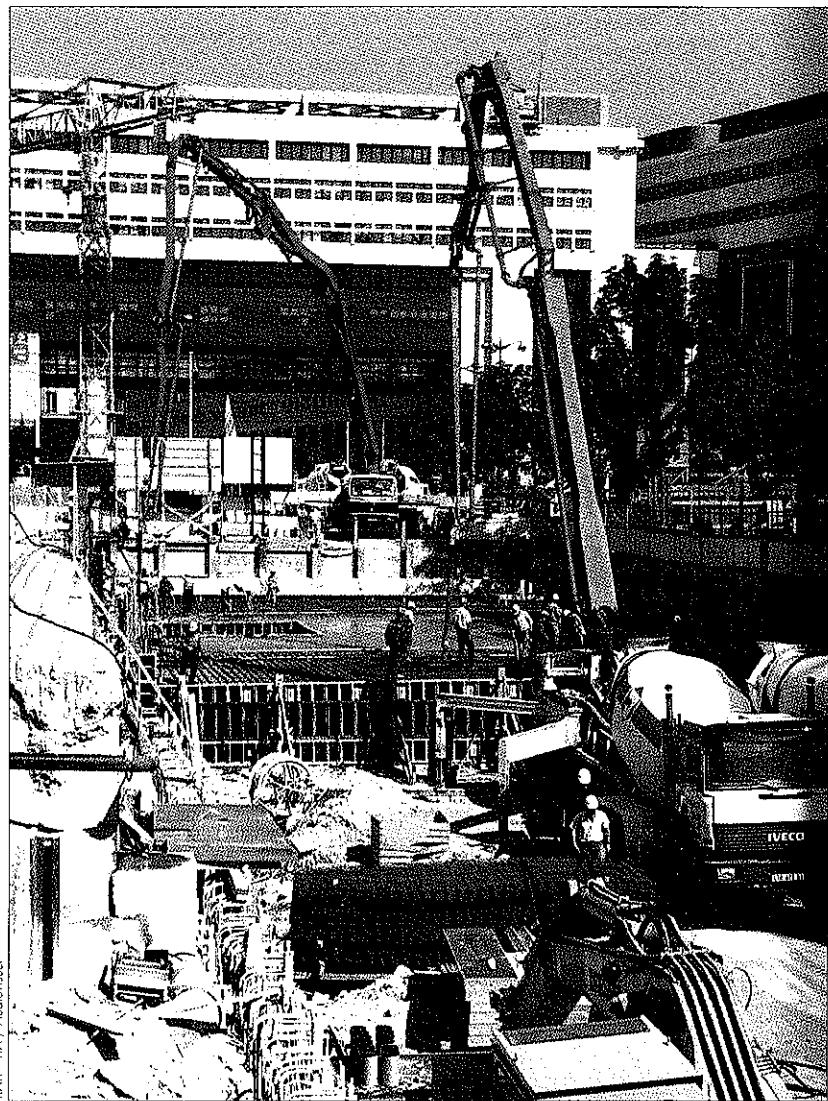
Les trois dernières semaines du mois d'août 1993 ont été consacrées au remblaiement sur la dalle et à la reconstruction de la voie de circulation. Entre-temps, à partir du 15 mai 1993, l'un des immeubles en construction a été habité. Comme convenu, l'accès au parking a été assuré à l'aide d'un pont "Bailey", vestige de la guerre, enjambant la fouille sur 60 m environ.

## ■ LES "TAUPES" ENTRENT EN ACTION !

Dans la dalle de couverture, à chaque extrémité, une trémie a été réservée, pour permettre d'évacuer les déblais provenant des terrassements sous dalle.



*Une première en Europe : "L'hydrofraise latine".*



RATP ITA / Audiovisuel

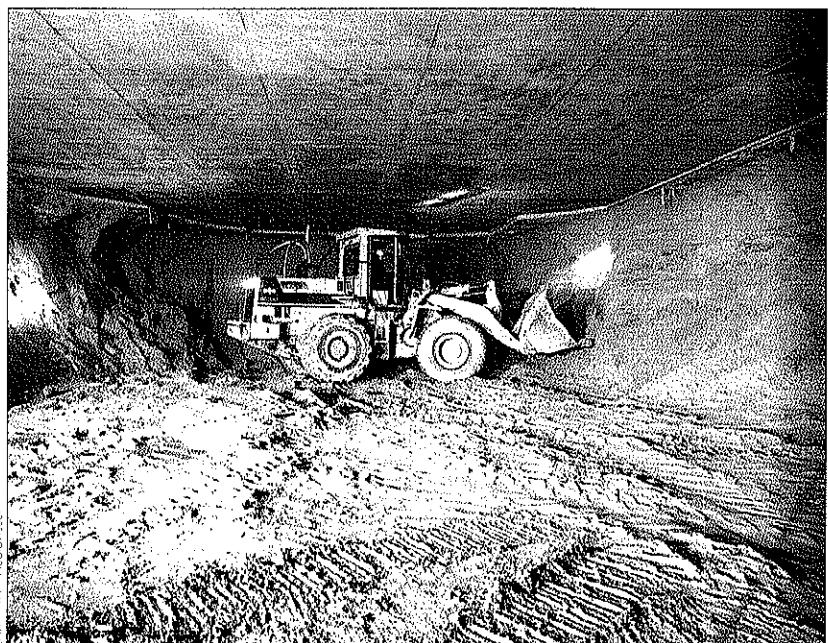
Bétonnage de la dalle de couverture.

Le 6 septembre 1993, nous étions enfin chez nous, en souterrain, le "cœur de Météor" était greffé, il ne restait plus qu'à le rendre habitable. Le terrassement a repris, et les dalles ont été coulées au fur et à mesure de l'approfondissement de la station. La première dalle, celle des locaux techniques, occupe toute la superficie de la station. Elle est actuellement entièrement réalisée ainsi que la mezzanine où se répartiront les voyageurs venus de la salle des billets. Le terrassement se poursuit pour arriver au niveau du radier. La boîte sera fermée, elle pourra être livrée aux aménageurs.

Cette phase des travaux pourrait paraître routinière et facile tant elle est discrète pour les riverains. Il n'en est rien, le terrassement arrive dans les terrains durs, il se déroule sous la nappe phréatique et tout défaut d'étanchéité des parois pourrait être dramatique.

Pour corser le tout, et certainement pour que les gens des travaux ne s'ennuient pas, les architectes ont souhaité que les faces des dalles vues depuis les quais présentent des motifs à caissons tantôt en relief, tantôt en creux. La difficulté a été de trouver un constituant de coffrage qui ne laisse pas de trace dans le béton. Après plusieurs essais, les coffrages de ces motifs sont réalisés en panneaux d'aggloméré mélaninés. Les premiers décoffrages laissent apparaître un rendu satisfaisant de ces motifs architectoniques.

La fin des travaux de gros œuvre est prévue pour décembre 1994.



RATP ITA / Audiovisuel

Terrassement en sous œuvre de la dalle de couverture.

### Pour créer 23 325 m<sup>3</sup> de vide

- Terrassements : 44 300 m<sup>3</sup>
- Bétons : 14 675 m<sup>3</sup>
- Armatures : 2 265 t
- Coffrages : 9 500 m<sup>2</sup>
- Remblais : 6 300 m<sup>3</sup>

Coût des travaux : 50 000 000 F H.T.



RER :

#### LA JONCTION CENTRALE DE LA LIGNE D

La jonction centrale de la ligne D comporte la réalisation, à l'aide d'un tunnelier, de deux souterrains à voie unique, et d'ouvrages spéciaux permettant leur raccordement aux gares RER de Châtelet-Les Halles et de Gare de Lyon.

La RATP est mandataire de la SNCF, maître d'ouvrage, et assure la maîtrise d'œuvre des travaux de génie civil et d'une partie des équipements.

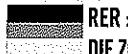


RER :

#### CENTRAL JUNCTION OF LINE D

The central junction of line D is made up of specific works and two single-track tunnels achieved by the use of a tunneler enabling the link up to the RER train stations of Châtelet-Les Halles and Gare de Lyon.

The RATP is the owner as well as the project manager of some of the equipment and the civil engineering works, it also represents the SNCF.



RER :

#### DIE ZENTRALE VERBINDUNGSSTELLE DER LINIE D

Auf eine spezielle Bauweise und mit Hilfe eines Tunnelbohrgerätes konnten zwei unterirdische eingleisige Schienenführungen geschaffen werden, die die Linie D zentral verbinden und damit einen direkten Anschluß an die Bahnhöfe Châtelet-Les-Halles und Gare de Lyon ermöglichen.

Die RATP fungierte hier als Bauunternehmer für die SNCF (Auftraggeber) und zeichnete verantwortlich für die Leitung öffentlichen Baumaßnahmen und für die teilweise Bereitstellung von Geräten.



RER :

#### CONEXION CENTRAL DE LA LINEA D

La realización del punto de enlace central de la línea D ha requerido la construcción, mediante un tunelero, de dos subterráneos con vía única, así como obras específicas para su conexión con las estaciones del RER de Châtelet Les Halles y de Gare de Lyon.

La RATP representante de la SNCF, maestro de obra, tiene a cargo las obras de ingeniería así como una parte de los equipos.

RER

# La jonction centrale de la ligne D

par André Taillebois,

Département  
des Infrastructures et  
Aménagements



'interconnexion des réseaux RATP et SNCF à Gare de Lyon et à Gare du Nord, approuvée dans son principe dès 1976 par le Syndicat des transports parisiens, a connu une réalisation par étapes :

- en 1981, ouverture de la Gare du Nord souterraine assurant le raccordement entre la ligne de Sceaux de la RATP et la ligne SNCF de Mitry-Roissy qui constituent dès lors la ligne B du RER ;
- en 1987, transfert de Gare du Nord à Châtelet-Les Halles du terminus des trains d'Orry-la-Ville, première phase de constitution de la ligne D du RER.

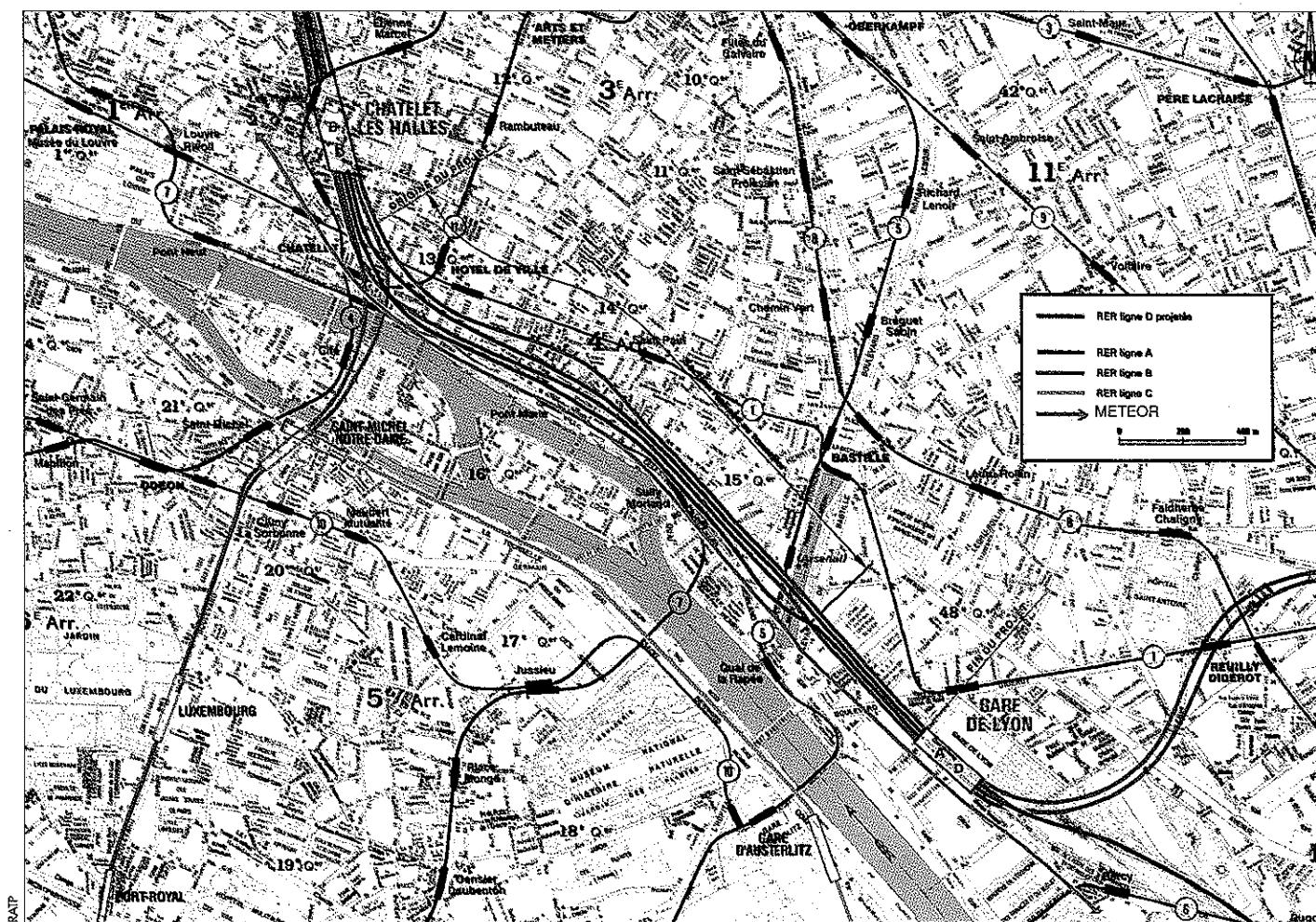
## UNE LIAISON NORD - SUD-EST

La seconde phase consiste à réaliser la jonction Châtelet-Les-Halles - Gare de Lyon, permettant de mettre en liaison la banlieue Sud-Est (Melun et La Ferté-Alais) et la banlieue Nord, afin d'assurer une meilleur diffusion des voyageurs dans Paris et de soulager le tronçon central de la ligne A du RER.

Compte tenu de sa connaissance du site, de sa compétence dans le domaine des travaux souterrains et des synergies existant entre les projets ligne D et Météor, la RATP a reçu de la SNCF un mandat de maîtrise d'ouvrage et une mission de maîtrise d'œuvre pour cette jonction.

## LE TRACE : JOINDRE LES DEUX BOUTS

Le projet se développe entièrement en souterrain sur une longueur de 2,5 km environ et permet de raccorder les voies 3, Z et 4 de la gare de Châtelet-Les-Halles aux voies 1, 2, 3 et 4 de la



Châtelet-Les Halles - Gare de Lyon : la ligne D en compagnie de la ligne A et de Météor.

Gare de Lyon. Il s'inscrit dans un environnement particulièrement dense en surface-habitations, commerces, immeubles de bureaux, monuments, axes routiers – et en sous-sol – lignes de métro et de RER existantes, grands parkings.

Depuis la gare de Châtelet-Les-Halles, les 3 voies centrales sont raccordées aux voies 1 et 2 projetées par l'intermédiaire d'ouvrages spéciaux situés sous le boulevard de Sébastopol, la rue de Rivoli et le square de la tour Saint-Jacques, et s'inscrivant sous les lignes 4, 1 et 11, au-dessus des lignes A et B.

Au-delà, les ouvrages sont constitués par 2 tunnels à voie unique prenant place entre les 2 souterrains existants de la ligne A pour la voie 1 et entre le souterrain de la ligne A, voie 2 et la ligne 7 pour la voie 2. Ces ouvrages se poursuivent sous le quartier de l'Hôtel de Ville, les parkings de l'Hôtel de Ville et Lobau et le quartier du Marais jusqu'au boulevard de la Bastille après être passés sous la ligne 5, au niveau du boulevard Bourdon, et sous le bassin de l'Arsenal.

La ligne remonte ensuite pour prendre place au-dessus des souterrains de la ligne A en suivant l'axe de la rue de Bercy. Les tunnels à voie unique se raccordent alors sur un ouvrage commun aux voies 1 et 2 qui s'inscrit dans les

limites d'emprise très contraignantes fixées par l'immeuble des PTT et les bâtiments de l'îlot Mazas, existants ou projetés.

De la rue Traversière jusqu'à la Gare de Lyon, les voies 1 et 2 sont reliées aux voies 1, 2, 3 et 4 de la gare souterraine SNCF par l'intermédiaire d'ouvrages spéciaux de débranchement, situés au-dessus de la ligne A, et passant sous l'ouvrage de raccordement des lignes 1 et 5 au niveau du boulevard Diderot. Dans la section comprise entre le boulevard de la Bastille et la Gare de Lyon, la ligne D est liée avec la ligne Météor qui est réalisée en même temps, à la demande des pouvoirs publics. En effet, entre le boulevard de la Bastille et le boulevard Diderot, l'ouvrage de Météor et ceux de la ligne D du RER sont contigus ; au-delà, jusqu'à la Gare de Lyon, les deux lignes empruntent une structure commune. Il aurait donc été très pénalisant pour l'environnement que ces deux opérations ne fassent pas l'objet d'une réalisation simultanée et que la durée de la gêne soit multipliée par deux. Pour rentabiliser au mieux l'opération, dans cette même section, un parking souterrain de 300 places est construit au-dessus des tunnels de la ligne D et de Météor, dans la même excavation.

## LE PROFIL EN LONG : RECHERCHER L'HORIZON FAVORABLE

Les profils géologiques suivant l'axe de chacune des voies ont été établis principalement à partir des sondages effectués lors de la réalisation de la ligne A (120 sondages environ). 11 sondages complémentaires ont été réalisés au début de l'année 1990 pour couvrir les zones où la voie 2 de la ligne D est éloignée de la voie 2 de la ligne A. Les couches rencontrées correspondent à la structure géologique des quartiers proches de la Seine, soit, de bas en haut :

- remblais sur 2 m à 10 m ;
- alluvions modernes sur 1 m à 2 m ;
- alluvions anciennes sur environ 10 m ;
- calcaire grossier sur 13 m à 17 m ;
- sables du Cuisien ;
- fausses glaises.

Le niveau de la nappe phréatique varie entre les cotes 25 (étage) et 29 (période de crue). Les souterrains de la ligne D se situent complètement dans la nappe. La plus grande partie des ouvrages se situe dans la couche de calcaire grossier, seule la section boulevard de la Bastille-Gare de Lyon, se trouvant au-dessus de ligne A, remonte dans les alluvions anciennes.

Pour vérifier ces données qualitatives, déterminer *in situ* les caractéristiques géotechniques des sols et tester en vraie grandeur la nature et le dosage des produits à injecter dans les terrains pour en assurer la consolidation et l'étanchement, deux puits de reconnaissance et d'essais ont été exécutés en 1990, l'un au centre du lot D3, ultérieurement utilisé comme puits d'attaque des tunnels, l'autre au milieu du lot D2, destiné à être ensuite transformé en accès pompiers. Les renseignements ainsi recueillis ont été d'un grand intérêt, notamment en matière d'injections, pour la mise au point des coulis nouveaux non polluants et des

méthodes de pilotage informatisées, ainsi qu'en matière de rémunération des terrassements des ouvrages principaux.

Les rayons dans les courbes sont supérieurs ou égaux à 500 m, sauf en sortie de la gare de Châtelet-Les Halles sur voie 2 et en entrée de Gare de Lyon sur les voies 3 et 4, où des rayons de 400 m ont dû être implantés pour des raisons d'insertion dans le site et de raccordement aux voies existantes. Les raccordements progressifs entre les courbes et les alignements sont assurés par des clothoïdes.

Pour le profil en long des voies, les pentes et rampes sont inférieures à 40 mm/m. Les rayons de raccordement entre les déclivités sont en général de 5 000 m et de 2 000 ou 2 500 m dans les cas les plus contraignants.

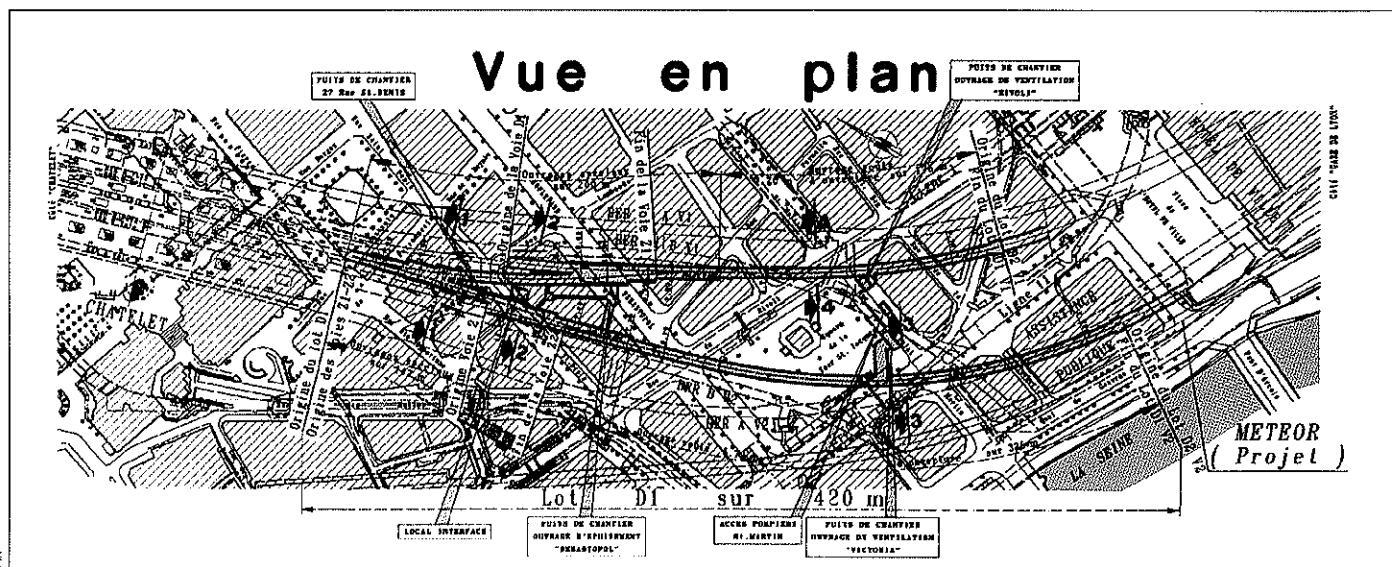
Le gabarit limite pour la circulation de matériels à deux niveaux est dégagé en tous points du projet, les ouvrages ménageant, au-delà de ce contour, un passage d'une largeur minimale de 0,70 m pour l'évacuation des voyageurs.

## ECHAPPER A LA PIEUVRE DE CHATELET

Entre la gare de Châtelet-Les Halles et la place de l'Hôtel de Ville (Lot D1), on trouve une série d'ouvrages spéciaux permettant de raccorder les voies à quai centrales 1, Z et 2 de la gare de Châtelet-Les Halles aux voies 1 et 2 du tronçon nouveau, ainsi que les amorces des deux tunnels voûtés à voie unique. A l'origine du lot, les voies 1 et 2 s'inscrivent dans des tunnels communs avec les voies correspondantes de la ligne B, de sorte que l'ouvrage à construire concerne la seule voie Z. Cet ouvrage va en s'épanouissant pour donner naissance à deux raccordements vers les tunnels nouveaux des voies 1 et 2 qui se développent ensuite à section constante, en franchissant les

**"Entre le boulevard de la Bastille et le boulevard Diderot, l'ouvrage de Météor et ceux de la ligne D du RER sont contigus."**

## Vue en plan



Les ouvrages de la ligne D à l'est de Châtelet-Les Halles.

lignes 1, 11, A et B jusqu'à l'extrémité de la zone dans laquelle l'encombrement du sous-sol ne permet pas l'exécution à l'aide d'un tunnelier. Ces ouvrages sont exécutés entièrement en souterrain par des méthodes traditionnelles d'excavation, à partir de puits de chantier situés au niveau du boulevard de Sébastopol et du square de la tour Saint-Jacques. L'étanchement et, si nécessaire, la consolidation des terrains traversés sont obtenus par traitement préalable des sols par injection de coulis de ciment ou de gels de silice non polluants, réalisée à l'avancement.

## **TUNNEL EXPRESS**

La section comprise entre la place de l'Hôtel de Ville et le boulevard de la Bastille (Lot D2) est constituée de deux souterrains circulaires à voie unique de 6,30 m de diamètre, de 1 674 m pour la voie 1 et de 1 585 m pour la voie 2. Ils s'inscrivent entièrement dans l'horizon des calcaires grossiers, au même niveau que les deux tunnels existants de la ligne A, à une profondeur d'environ 20 m. Ceci permet au projet de passer sous le parking de l'Hôtel de Ville dans une réservation prévue lors de la construction de cet ouvrage, ainsi qu'en tréfonds, ou à proximité immédiate, de nombreux monuments existant dans ce quartier historique de Paris, sans précaution particulière.

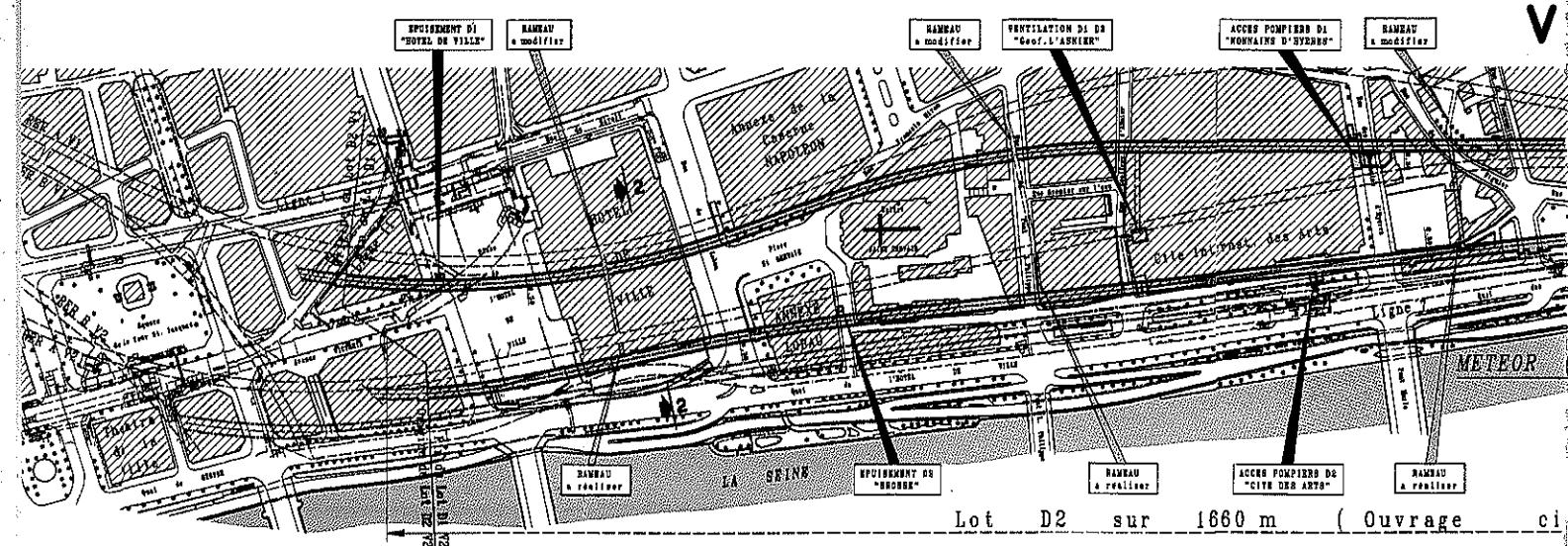
Le percement de ces deux souterrains circulaires s'effectue au moyen d'une machine à forer pour terrain dur, à partir de deux puits de chantier importants implantés sur le côté ouest du boulevard de la Bastille. Après avoir foré le tunnel voie 1, le bouclier a été démonté dans une chambre spéciale et reculé jusqu'à son point de départ. Là, il a été remonté à la surface et descendu dans le puits de démarrage de la voie 2.

**"Le gabarit limite pour la circulation de matériaux à deux niveaux est dégagé en tous points du projet."**

La machine utilisée est un bouclier Lovat, fabriqué à Toronto (Canada), de 8,35 m de longueur et de 7,05 m de diamètre, constitué d'un bouclier avant portant la tête de coupe, et articulé à l'aide de 4 cylindres réglables individuellement, sur un bouclier stationnaire, entraînant lui-même une jupe arrière télescopique munie d'un double point de queue à brosse métallique. La tête de coupe rotative est entraînée par 6 moteurs électriques de 225 kW par l'intermédiaire d'une transmission hydraulique comprenant 6 pompes et 16 moteurs hydrauliques attaquant une couronne dentée, et équipée de 47 outils pouvant être changés par l'intérieur de la tête, permettant un diamètre d'excavation de 7,078 m grâce à un dispositif de surcoupe. La machine travaille à front ouvert, mais elle est munie de portes étanches à commande hydraulique assurant si nécessaire une stabilisation du front de taille par confinement de terre.

La progression est assurée par poussée, à l'aide de 16 vérins de 200 t, sur le revêtement en voussoirs, ce qui évite d'exercer des efforts latéraux susceptibles d'intéresser les ouvrages souterrains préexistants. L'évacuation des déblais est assurée à l'intérieur du bouclier par des convoyeurs à bande primaire et secondaire, puis, dans le tunnel, par des trains de marinage ; après remontée à la surface, des convoyeurs à bande conduisent le marin à un poste de chargement de barges évoluant en Seine pour éviter de générer un trafic important de camions en surface.

Le revêtement des tunnels est constitué par des voussoirs en béton armé de 1,40 m de longueur, préfabriqués en usine et livrés par des péniches de petit gabarit aptes à pénétrer dans le port de l'Arsenal, à proximité de la grue desservant les puits. Ils sont ensuite amenés par trains jusqu'au bouclier et mis en place à l'abri de la jupe arrière à l'aide d'un érecteur hydraulique, puis solidarisés entre eux par boulonnage, l'étanchéité entre



La ligne D entre l'Hôtel de Ville et le Bassin de l'Arsenal.

voussoirs étant assurée par des joints compressibles en néoprène.

La modification de l'ouvrage de ventilation existant "Ave Maria" et l'adaptation des rameaux d'équilibre de la ligne A, qui sont interceptés par le tunnel voie 1 de la ligne D, ont été réalisées préalablement.

## S'EPANOUIR DANS LE SOUTERRAIN

Dans le secteur compris entre le boulevard de la Bastille et le boulevard Diderot (Lot D3), sont tracés les ouvrages de transition entre les tunnels circulaires du lot D2 et les ouvrages spéciaux de débranchement donnant accès aux quatre voies à quai de Gare de Lyon. Ces ouvrages sont accolés au sud avec un tunnel à deux voies de la ligne Météor, qui est réalisé dans le cadre d'un même marché.

On rencontre donc successivement, pour la ligne D, deux tunnels à voie unique de 5,70 m d'ouverture, puis un tunnel à deux voies de 11,70 m d'ouverture, et enfin un ouvrage spécial d'épanouissement, dont la largeur maximale dépasse 16 m.

Les ouvrages spéciaux et le tunnel à double voie compris dans cette section sont réalisés entièrement en souterrain, à partir de puits de chantier situés à l'angle sud-est du carrefour avenue Ledru-Rollin - rue de Bercy, ancien puits de reconnaissance, d'une part, et au niveau du boulevard Diderot d'autre part. Les terrassements sont prévus à l'aide de machines à attaque ponctuelle, le tunnel de 12 m d'ouverture comportant une voûte active constituée de voussoirs préfabriqués mis en place à l'aide d'une machine spéciale, et la voûte très surbaissée de l'ouvrage spécial étant réalisée à l'abri d'un présoutènement, par voûtes-parapluies. Une grande partie des ouvrages se situant dans des alluvions anciennes sous le niveau de la nappe phréatique, un traitement de terrains systématique

par injection est réalisé à partir de puits de profondeur réduite. Ils permettent d'effectuer des forages subhorizontaux sous la tranche du sous-sol occupée par les divers réseaux et canalisations, distincts des puits d'attaque du terrassement de manière à échapper à l'obligation d'alterner au front traitement de terrains et excavation.

## TERMINUS GARE DE LYON

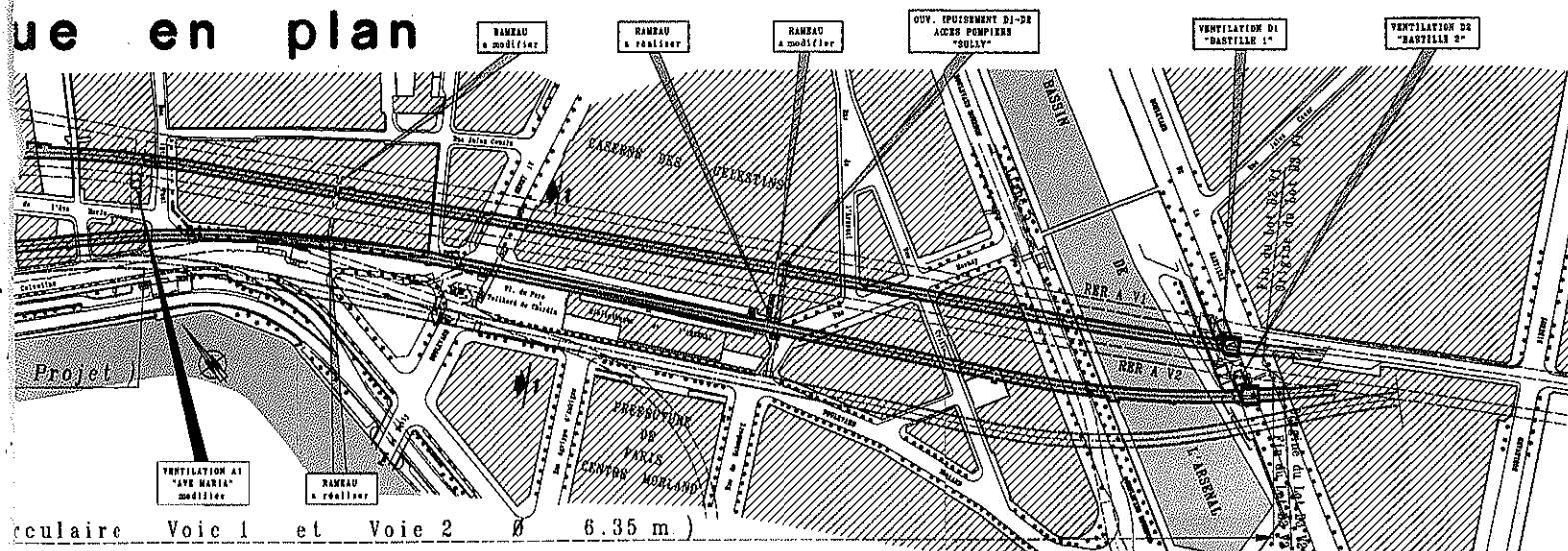
La seconde partie de l'ouvrage de raccordement comprise entre le boulevard Diderot et la Gare de Lyon (Lot D4) aboutit au niveau SNCF de l'ouvrage commun RER. Il s'agit d'un cadre multiple en béton armé, dont la largeur maximale dépasse 50 m, s'inscrivant sous la rue de Bercy et la rampe d'accès au parvis de la Gare de Lyon, et surmonté d'un parking souterrain à trois niveaux pour utiliser au mieux le volume excavé.

Ces ouvrages sont réalisés à ciel ouvert à l'intérieur de fouilles étanches, constituées par une enceinte en parois berlinoises associées à un traitement d'étanchement par injections des terrains alluvionnaires. Leur exécution nécessite plusieurs phases de travaux, de façon à permettre la réalisation des déviations de réseaux concessionnaires et à maintenir l'accès et la circulation des riverains et des services de sécurité, ainsi que la circulation automobile rue de Bercy et la desserte du quartier par les transports en commun de surface.

## CONFORT ET SECURITE

La réalisation de rameaux d'équilibre reliant les tunnels à voie unique permet de limiter les mouvements d'air liés à la circulation des trains. Pour répondre aux objectifs de confort thermique et de sécurité incendie, trois complexes sont répartis

## ue en plan



dans l'intergare, comportant chacun deux ouvrages de ventilation, un pour le tunnel voie 1 et un pour le tunnel voie 2, situés au niveau de la rue Saint-Martin, de la rue des Nonnains-d'Hyères et du boulevard de la Bastille.

Les emplacements des bouches d'air ont été choisis pour satisfaire aux contraintes du règlement sanitaire départemental : distance minimale à la façade la plus proche fixée à 8 m, respect du niveau de bruit sur les grilles, vitesse de rejet de l'air sur trottoir de 2 m/s en moyenne. Chaque ouvrage est équipé d'un ventilateur réversible permettant un débit de 90 m<sup>3</sup>/s. Les baies de circulation d'air débouchant sur trottoir ont une section de 45 m<sup>2</sup>.

En situation normale, les ouvrages situés au milieu de l'intergare fonctionnent en insufflation et les ouvrages encadrants en extraction. Le sens de fonctionnement des ventilateurs peut être inversé par les pompiers en cas de besoin. Cette disposition permet d'empêcher la propagation des fumées dans l'ensemble des tunnels en cas d'incendie et l'évacuation de celles-ci au plus près du sinistre.

Des accès au tunnel depuis la voie publique, à l'usage des pompiers, sont réalisés au voisinage des ouvrages de ventilation.

Des équipements fixes sont implantés dans le tunnel pour faciliter les interventions : colonne sèche avec un branchement tous les 100 m, point d'ancrage de 5 t tous les 30 m, anneaux de rappel au droit des accès, prise de 500 Va sous 220 V tous les 100 m.

## ■ UN SOUCI PERMANENT D'INSERTION DANS LE SITE

La préoccupation de l'insertion dans le site est présente à tous les stades de l'opération, tout d'abord pendant l'élaboration du projet, par le souci constant de concevoir des ouvrages dont la dimension et l'implantation permettent :

- une exécution en souterrain, pour n'avoir en surface qu'un nombre limité de chantiers ;
- des procédés constructifs les plus mécanisés possible, pour réduire au minimum la durée d'exécution ;
- une exploitation ultérieure ne provoquant ni bruits ni vibrations préjudiciables chez les riverains ;
- des débouchés au niveau de la voie publique limités au strict minimum technique, implantés de façon discrète et insérés au mieux dans un environnement de qualité.

Pour la phase d'exécution des travaux, les précautions concernent :

- le choix de zones d'implantation pour la logistique des chantiers ne pénalisant pas de manière sévère l'exercice des commerces et n'entraînant pas de suppression définitive d'arbres ou d'espaces verts ;

- l'installation de dispositifs d'insonorisation des matériels mécaniques, assortie à une limitation des horaires de travail ;
- la recherche de moyens d'évacuation des terres et d'approvisionnement des matériaux ne provoquant qu'une augmentation limitée du trafic des poids lourds dans les quartiers intéressés ;
- la mise en place de divers systèmes d'information des riverains, des clients et des usagers.

## ■ DES OBJECTIFS EN PASSE D'ETRE TENUS

Le coût d'objectif du tronçon Châtelet-Les-Halles - Gare de Lyon a été fixé à 1 200 millions de francs aux conditions économiques de janvier 1989, hors taxes, frais généraux compris : 1 113 millions pour le génie civil et 87 millions pour les équipements confiés à la RATP.

Suivant les lots, les délais d'exécution des travaux de génie civil s'échelonnent de trente-deux à trente-neuf mois.

Les différents chantiers généraux principaux ont été lancés au cours du deuxième trimestre de l'année 1992, sauf le lot D3 situé sur le chemin critique des travaux d'équipement, dont le démarrage s'est effectué à l'automne 1991.

Malgré certaines difficultés d'exécution, notamment dans les lots D2 et D3, l'avancement des travaux au printemps 1994 permet, au prix de fractionnement et de chevauchement des travaux d'équipements, de maintenir la date prévue pour la mise en service de la ligne D, c'est-à-dire à la fin du mois de septembre 1995.

Au service d'hiver 1995, la liaison Nord - Sud-Est viendra enrichir le réseau RER d'Île-de-France. Une opération un peu éclipsée par Météor, mais qui pourra tout de même figurer en bonne place dans les références de notre entreprise. ■

## ECONOMIE : MODES DE TRANSPORT : QUELS COÛTS DE DÉPLACEMENT ?

Face à la palette des divers modes, les décideurs doivent opter pour celui qui a le meilleur rapport coût/avantages. L'analyse compare ici les coûts globaux de déplacement pour des projets d'investissements concernant le métro, le tramway, le VAL, le bus en milieu urbain et la voiture particulière.

## ECONOMY : MEANS OF TRANSPORT, WHAT COST FOR TRAVELLING?

Confronted to the different means of transport, the authorities must choose the one with the best price-performance ratio. The analysis in this article compares the overall cost of travelling in investment project as regards metro, tramway, the VAL, the bus in urban areas and private vehicles.

## WIRTSCHAFT : DIE VERSCHIEDENEN TRANSPORTARTEN UND DEREN KOSTEN

Hinsichtlich der großen Palette an diversen Transportarten sollten sich die Verantwortlichen für die vorteilhafteste Möglichkeit in Bezug auf Kosten/Vorteile entscheiden. Die Analyse stellt hier einen Vergleich der globalen Transportkosten zwischen den Investitionsprojekten U-Bahn, Straßenbahn, VAL, Bus im Stadtrandbereich und Benutzung des PKW's her.

## ECONOMIA : MODOS DE TRANSPORTE ¿ CUAL ES EL COSTO DEL DESPLAZAMIENTO?

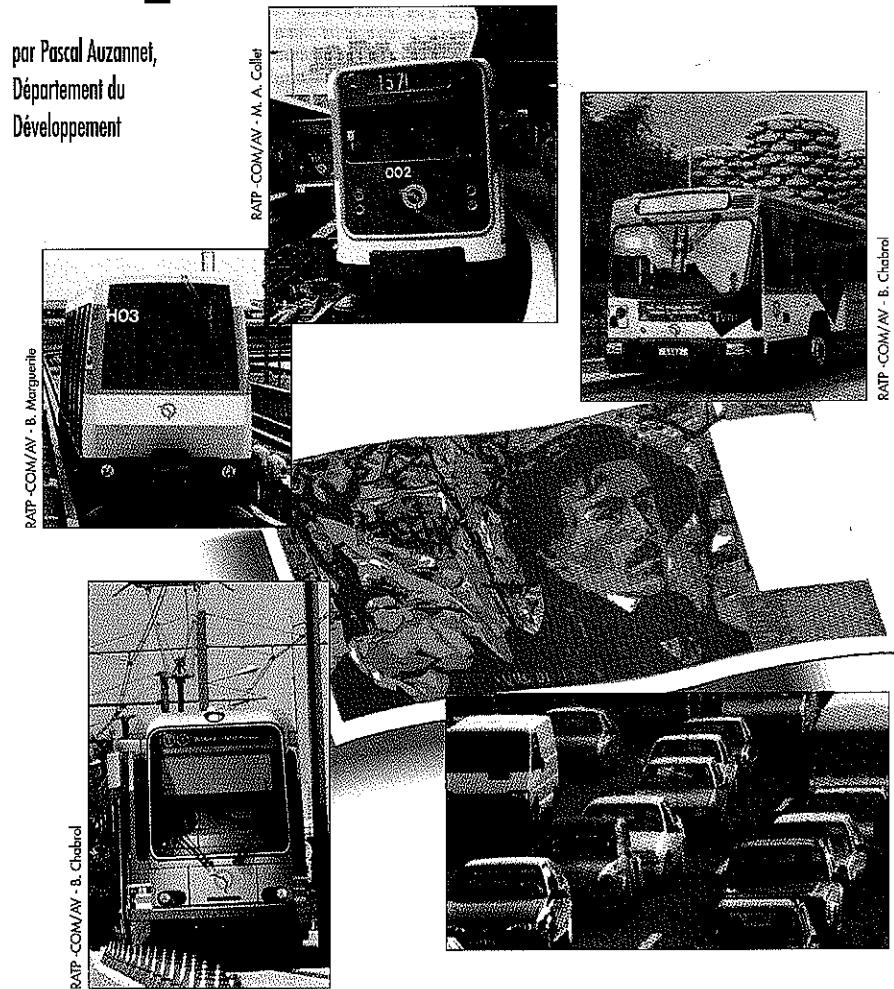
Frente a la variedad de los modos de transporte, las Autoridades deben optar por aquella que ofrezca la mejor relación costos/beneficios.

Este análisis compara los costos globales de desplazamiento de proyectos de inversión para metro, tranvía, VAL, bus en medio urbano con el coche particular.

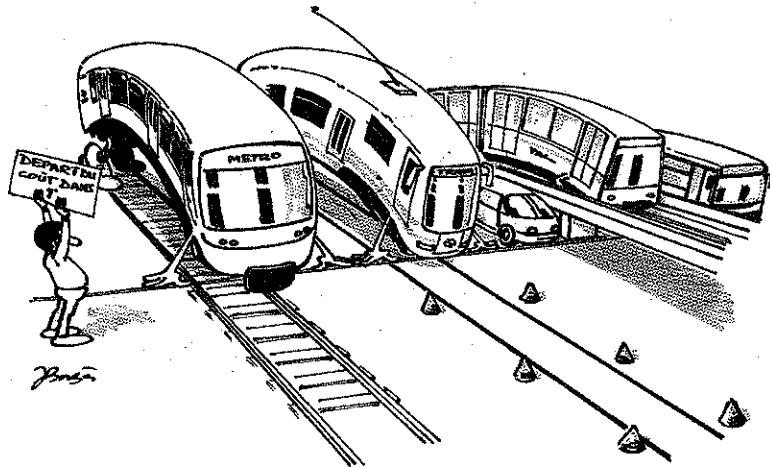
## ECONOMIE

# Modes de transport : quels coûts de déplacement ?

par Pascal Auzanneau,  
Département du  
Développement



**L**e voyageur est souvent amené à effectuer un choix lorsqu'il y a pour lui une alternative entre différents modes. Le coût qu'il supportera pour son déplacement est certes un critère parmi d'autres, mais on peut convenir qu'il revêt une place importante. Lorsque l'usager évalue le coût de son déplacement, souvent il n'en retient qu'une partie : le carburant pour l'automobiliste ou le prix de vente du billet (ou du titre d'abonnement) pour l'utilisateur des transports en commun.



Le gestionnaire d'un système de transport se doit de considérer le coût des déplacements dans sa totalité. Ainsi, pour chacun des modes de transport, il convient d'intégrer les coûts économiques et sociaux suivants :

- coûts économiques directs d'exploitation ;
- coûts du capital (investissement) ;
- coûts sociaux : bruit, pollution, accidents ;
- consommation d'espace : voirie et stationnement ;
- temps passé dans les transports.

Les coûts ainsi établis peuvent ensuite être décomposés entre coût privé et coût public en fonction de la tarification et du financement.

Pour la mise en œuvre de l'efficacité économique et sociale telle qu'elle a été définie par le législateur avec la Loi d'Orientation des Transports Intérieurs (LOTI), la connaissance des coûts globaux est indispensable. Elle permet la réalisation des évaluations socio-économiques des projets d'investissements et donc une allocation optimale des ressources publiques en développant, selon les zones géographiques, les modes de transport les plus efficaces, tout en favorisant la complémentarité des modes entre eux.

Cette démarche permet également de définir une politique tarifaire adaptée.

L'analyse comparative des coûts globaux de déplacements présentée ci-après est effectuée pour des projets d'investissements concernant les modes de transports suivants :

- métro,
- tramway,
- métro automatique léger (VAL),
- bus en milieu urbain (TCSP),
- voiture particulière en milieu urbain et non urbain.

Les évaluations sont réalisées sur la base de projets pour lesquels les coûts d'investissements et les trafics ont été paramétrés.

Afin que les comparaisons soient homogènes, les coûts sont évalués pour chacun des modes, considérés sur la base d'un déplacement de 5 km. Le détail des résultats peut permettre ensuite d'esti-

mer le coût d'un déplacement intégrant l'usage d'un mode seul ou de plusieurs modes (ex : bus+tramway, voiture+ métro...).

La méthodologie et les résultats présentés ci-après sont tirés de l'étude "Analyse des coûts de déplacement : élaboration d'une méthodologie dans le cadre d'un Compte Transport de Voyageurs" qui vient d'être réalisée par la Sofretu et le Cetur en collaboration avec plusieurs organismes privés et publics (INSEE, DTT, Conseil Général des Ponts et Chaussées, Commissariat Général au Plan, GART, UTP, Comité des Constructeurs Français d'Automobiles, ADEME, STP, CEST...).

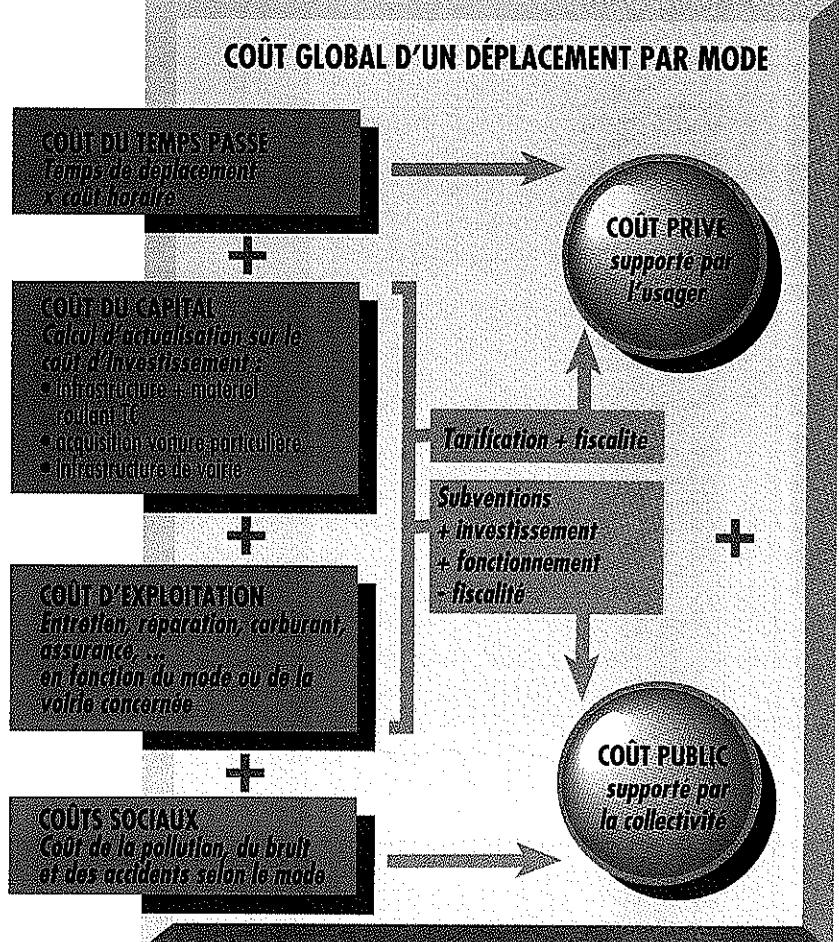
## LES COÛTS ÉCONOMIQUES DIRECTS

### Les coûts de fonctionnement

Le coût économique direct d'un déplacement intègre les dépenses de fonctionnement : énergie, entretien et maintenance, réparation, assurance... et les coûts de conduite pour les transports collectifs.

### Le coût du capital investi

Le développement des transports de voyageurs suppose la valorisation d'investissements lourds. Ceux-ci comprennent le foncier, le génie civil, les équipements, le matériel roulant... qui font l'objet



dans les comptabilités d'entreprise ou des autorités organisatrices d'un amortissement auquel il convient d'ajouter les frais financiers.

Dans une optique de comparaison des modes de transport et de valorisation du coût des déplacements, ce n'est pas la dépense liée à la création de l'infrastructure considérée en termes de flux qui doit être retenue, mais le stock de capital qui, suite à la décision d'investir, va être immobilisé pendant plusieurs années.

Le coût du capital correspond au revenu nécessaire (cash flow) pour rentabiliser l'investissement sur la base du taux d'actualisation arrêté par le Commissariat Général au Plan pour tout investissement public, soit 8 %. Ce calcul d'actualisation s'applique à toutes les composantes du coût d'investissement en tenant compte des durées de vie de chacune. Concernant le foncier qui n'est pas amortissable, il est estimé une valeur résiduelle en fin de période.

Concernant les évaluations réalisées pour les coûts de voirie, il convient de souligner que l'application de cette méthode conduit à des résultats de même ordre de grandeur que les niveaux de péages préconisés pour des investissements routiers à financements privés, actuellement en projet ou réalisés (1).

Cette méthode permet d'apprécier pour chacun des modes la productivité du capital.

## LES COÛTS ÉCONOMIQUES INDIRECTS

### Les coûts sociaux

Si l'évaluation des coûts directs est relativement aisée, celle des coûts sociaux se révèle plus difficile et souvent controversée. Cependant, depuis une vingtaine d'années, de nombreuses études ont été réalisées souvent à la demande des pouvoirs publics et, au fil des ans, les évaluations ont pu se faire plus précises. Relancées avec l'adoption de la Loi d'Orientation des Transports Intérieurs, ces études ont connu de nouveaux développements avec l'intérêt croissant pour les problèmes écologiques exprimés en Europe et, bien sûr, en France. D'un point de vue méthodologique, l'évaluation des coûts sociaux du bruit et de la pollution dus au transport de voyageurs est réalisée à partir de la "méthode du coût d'évitement" qui se fonde sur les dépenses à engager pour supprimer ou réduire les nuisances.

La réduction des nuisances liées au bruit peut être obtenue par différentes techniques : encapsulation des véhicules et amélioration des silencieux d'échappement - gain : 5 à 7 dB(A) -, réalisation

(1) A titre indicatif, pour les investissements routiers en projet ou réalisés (Laser, Muse, Prado Carenage...), les péages préconisés varient selon les cas entre 2,50 F et 4,50 F par kilomètre parcouru.

d'enrobé drainant - gain : 3 dB(A) en milieu urbain -, isolation des façades - gain : 15 à 20 dB(A) -, écrans antibruit - gain : 10 dB(A) en moyenne.

La méthode d'évaluation consiste à répondre à la question suivante : combien faut-il dépenser, en investissement et entretien, pour que les émissions sonores n'excèdent pas 60 dB(A) à l'intérieur des habitations et 65 dB(A) à l'extérieur ? L'estimation de cette dépense correspond alors au coût économique du bruit supporté par la collectivité.

L'obtention du coût économique du bruit repose alors sur la combinaison optimale des différentes techniques de réduction des nuisances sonores, permettant de respecter la réglementation à moindre coût pour chaque type de voie et d'urbanisation.

Pour la pollution, les technologies de réduction des émissions retenues pour l'estimation du coût d'évitement sont les suivantes : pot d'échappement catalytique, injection électronique, filtre à particules, canister, essence sans plomb, désulfuration du gazole.

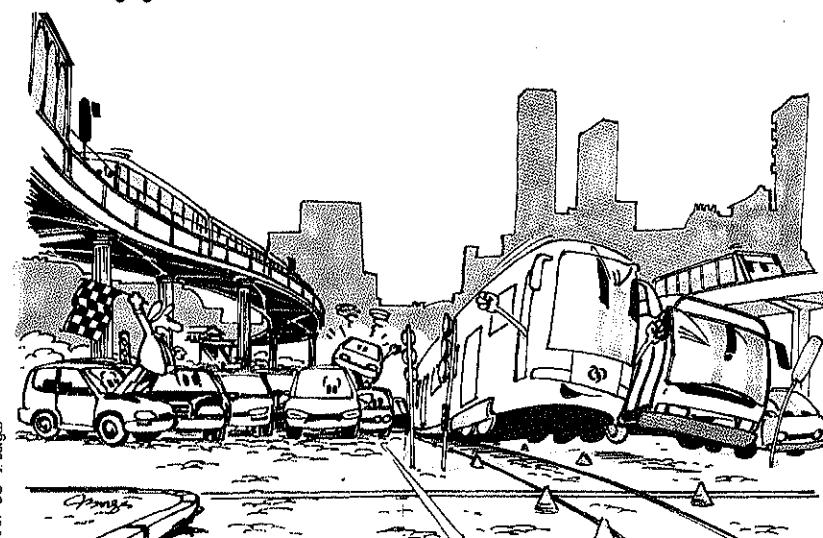
Le coût des accidents de la circulation a été évalué à partir de valeurs tutélaires préconisées par les pouvoirs publics (3,2 MF pour un tué et 0,34 MF pour un blessé grave). Cependant, il convient de souligner le problème moral que pose le principe de donner un prix à la vie humaine. Par ailleurs, les estimations réalisées sont déduites de valorisations de pertes de production des tués et des blessés graves, ce qui peut paraître contestable dans une économie confrontée à un taux de chômage élevé.

Les modes ont été considérés sur la base de leur capacité optimale (vitesse, débit...). Les coûts de congestion n'ont donc pas été intégrés.

### La consommation d'espace

La consommation d'espace est un phénomène dominant des transports en milieu urbain. Cet espace étant rare, il devient alors un enjeu majeur dans l'aménagement et le développement des fonctions urbaines : habitat, activités, com-

**"En ville,  
les transports  
collectifs gagnent !"**



merces, grands équipements de santé, de culture, d'administration...

Au sein d'une agglomération, les déplacements des habitants s'effectuent d'abord grâce à des espaces de circulation :

- pour les piétons : les trottoirs ;
- pour les deux-roues : les chaussées et pistes cyclables ;
- pour les automobiles : les chaussées (voirie normale et voirie rapide urbaine) ;
- pour les transports collectifs : les chaussées et voies spécifiques au niveau du sol ou dénivelées (en viaduc ou en tunnel).

A ces espaces, il faut rajouter ceux consacrés au stationnement et qui se situent à une extrémité du déplacement.

Ainsi, chaque déplacement génère une consommation d'espace liée à la circulation du véhicule et une consommation consacrée au stationnement. Ce dernier prend une importance et un coût prépondérants dans les centres denses, en raison, d'une part, d'une durée moyenne journalière de stationnement des véhicules nettement supérieure à la durée de circulation, d'autre part, du coût de création d'aires de stationnement dans un contexte urbain d'espace rare.

Appréhender globalement la consommation d'espace assortie d'une unité de temps implique de l'exprimer selon une unité physique commune à la circulation et au stationnement. La méthode proposée permet de quantifier les consommations

d'espace correspondant à la circulation et au stationnement en les exprimant selon une même unité : le mètre carré x heure.

Cette approche permet de comparer la productivité des différents modes de transport vis-à-vis du critère "espace consommé" quand ceux-ci fonctionnent à leur capacité optimale.

Le tableau 1 présente l'application de cette méthode pour différents modes de transport.

Pour ce qui concerne la consommation d'espace circulation, les résultats sont évidemment très sensibles aux débits retenus. Ainsi, pour chacun des modes, il peut paraître intéressant de considérer, outre la situation optimale, une situation où les infrastructures ne sont pas utilisées à leur pleine capacité (heure creuse ou voirie à faible trafic, mais justifiées pour assurer la desserte d'une zone géographique excentrée). Aussi, pour la voiture particulière, les résultats selon différents débits possibles sont présentés ci-après dans le tableau 2.

Pour le décideur, il convient également de considérer le coût de cette consommation d'espace, car celle-ci est différente selon les zones géographiques.

Le coût de la consommation d'espace peut être obtenu en calculant le revenu nécessaire (cash flow) pour rentabiliser les dépenses d'infrastructures sur la base du taux d'actualisation arrêté par le Commissariat Général au Plan (voir plus haut). Cette actualisation s'applique à toutes les composantes du coût d'investissement en voirie (revêtement, enrobés...), compte tenu des différences de durée de vie de chacune. Le coût du foncier, élément prépondérant en milieu urbain, entre également dans le calcul d'actualisation. Il est par ailleurs estimé pour celui-ci une valeur résiduelle en fin de période. Le cash flow rapporté au trafic (circulation) et aux heures de location (stationnement) permet d'estimer un coût économique de la consommation d'espace.

Le résultat ainsi obtenu permet de mettre en évidence le coût public, du fait de l'absence de tarification, consacré à l'usage de l'espace par les transports. Il y a donc une dévalorisation de capital public (non valorisation).

## ■ LA VALORISATION DU TEMPS PASSE

Le temps passé dans les déplacements "et sa valorisation" est également considéré. Les coûts sont alors évalués sur la base d'un taux horaire et des temps de déplacement, ces derniers intégrant pour les transports en commun la vitesse commerciale, les temps d'attente moyens et le temps d'accès à la gare ou à l'arrêt d'autobus (départ et arrivée). Le taux horaire retenu s'élève à 54 F. Il est déduit du salaire net annuel moyen pour l'ensemble des salariés du secteur privé et semi-public (source INSEE).

## LES EFFETS EXTERNES ET LE COUT DE LA CONSOMMATION D'ESPACE

**Pour la voirie, le foncier étant un poste prépondérant en milieu urbain, il convient de distinguer les conditions dans lesquelles l'évaluation est effectuée : voirie existante ou création de voirie nouvelle.**

### **Estimation sur la voirie existante**

En milieu urbain, l'espace foncier est rare et donc coûteux. Mais ce coût élevé du foncier résulte également d'une bonne accessibilité aux activités urbaines, cette dernière étant rendue possible par l'existence d'un bon réseau de transport. Celui-ci est composé des transports collectifs mais également des infrastructures routières. Les transports génèrent des effets externes négatifs (bruit, pollution...) et des effets externes positifs parmi lesquels on peut citer la valorisation du foncier (phénomène des plus-values foncières).

Dans ces conditions, il paraît excessif d'affecter l'intégralité du coût du foncier pour évaluer le coût de la consommation d'espace sur une voirie existante. L'état actuel des connaissances ne permettant pas d'isoler de façon fiable ces valeurs foncières, l'évaluation du coût économique de l'usage de la voirie existante n'a donc pas été réalisée.

### **Estimation d'une nouvelle infrastructure**

Pour l'estimation du coût d'un déplacement réalisé sur une infrastructure nouvelle, les effets externes positifs liés au réseau existant, et donc leur incidence sur le prix du foncier évoqué précédemment, génèrent un coût qui doit être intégré et cela quel que soit le mode de transport retenu. Ainsi, l'analyse comparative entre différentes alternatives possibles se doit d'appréhender le coût de l'infrastructure nouvelle aux conditions présentes du marché.

**Tableau 1**  
**CONSOMMATION D'ESPACE PAR PERSONNE (EN M<sup>2</sup> x H)**  
**POUR UN DÉPLACEMENT D'UNE LONGUEUR DE 5 KM**

	STATIONNEMENT	CIRCULATION	CONSOMMATION TOTALE
PIÉTON	0,0	2,0	2,0
2 ROUES			
• travail (durée 9 h)	13,5	7,5	21,0
• Loisirs (durée 3 h)	4,5	7,5	12,0
• Achats (durée 1,5 h)	2,3	7,5	10,0
VOITURE PARTICULIÈRE (1,36 pers./véhicule ; 1 800 véhicules/sens/voie)			
• travail (durée 9 h)	66,0	7	73
• Loisirs (durée 3 h)	22,0	7	29
• Achats (durée 1,5 h)	11,0	7	18
AUTORBUS (67 pers./bus)			
• Voie réservée (60 bus/sens/heure)	0	5,0	5,0
• (30 bus/sens/heure)	0	10,0	10,0
MÉTRO (30 000 pers./sens/heure)	0	1	1
TRAMWAY (5 340 pers./sens/heure) <sup>(1)</sup>	0	3	3
VAL (7 000 pers./sens/heure) <sup>(1)</sup>	0	3	3

(1) Calculé sur la base d'un élément de 2 voitures.

**Tableau 2**  
**CONSOMMATION D'ESPACE CIRCULATION PAR PERSONNE**  
**(EN M<sup>2</sup> x H) POUR UN DÉPLACEMENT D'UNE LONGUEUR DE 5 KM**  
**EFFECTUÉ EN VOITURE PARTICULIÈRE**

CRÉDIT/HORAIRE	300	600	900	1 200	1 500	1 800	2 100
Taux d'occupation :							
1	58	29	19	15	12	10	8
1,25	47	23	16	12	9	8	7
2	29	15	10	7	6	5	4
3	19	10	6	5	4	3	3
4	15	7	5	4	3	2	2

largeur de la voirie : 3,5 mètres

**"En périphérie,  
avantage pour  
la voiture."**

Cette composante du coût de déplacement permet de mettre en évidence les avantages des modes de transport rapides et qui ont un niveau de fréquences élevé.

Cela donne également la possibilité d'apprécier les atouts de la voiture particulière aux heures creuses et en milieu non urbain où les vitesses de déplacement sont supérieures.

## LA DECOMPOSITION DE LA DEPENSE

Cette méthode permet donc d'estimer un coût global pour un déplacement qui est ensuite décomposé entre coût privé et coût public.

Le coût privé est constitué de la valorisation du temps passé dans les transports et des coûts supportés par les usagers, c'est-à-dire la totalité du coût direct pour l'automobiliste (y compris la tarification du stationnement) et les recettes tarifaires perçues par les entreprises exploitantes et acquittées par les usagers des transports collectifs.

On appelle "autre coût privé" les produits divers au titre des recettes de publicité et autres perçues par les entreprises exploitantes (ces recettes sont toutefois relativement marginales).

Le coût public est constitué de la différence entre le coût global et le coût privé. Il correspond donc au financement public au titre de la voirie, du stationnement non tarifé et des subventions d'exploitation et d'investissement pour les transports collectifs. Il comprend également le coût social supporté par la collectivité.

Le rendement fiscal du déplacement est également considéré. Pour la voiture particulière, il intègre la fiscalité spécifique (TIPP, vignette, carte grise...) et la TVA selon les taux en vigueur. Pour les transports en commun, le rendement fiscal est estimé sur la base d'un taux de TVA de 5,5 % sur les recettes tarifaires et de 18,6 % sur les recettes commerciales diverses.

Les coûts globaux sont présentés nets de toute fiscalité, car les impôts payés constituent des transferts entre les différents agents économiques et n'influent donc pas sur le coût global des déplacements. Le montant de la fiscalité est intégré dans le coût privé et vient en déduction du coût public.

## L'ANALYSE DES RESULTATS

La méthodologie présentée précédemment a été appliquée, dans la perspective de projets nouveaux, à plusieurs modes de transport : tramway, métro automatique léger (VAL), bus en site propre, métro et voiture particulière.

Comme cela a été précisé plus haut, les estimations ont été réalisées sur la base de projets d'investissement pour lesquels il a été paramétré, par mode, des coûts d'investissement et des trafics différents. Elles correspondent à des coûts moyens de déplacement (voir tableaux 3 à 5).

En tramway, par exemple, le coût global d'un

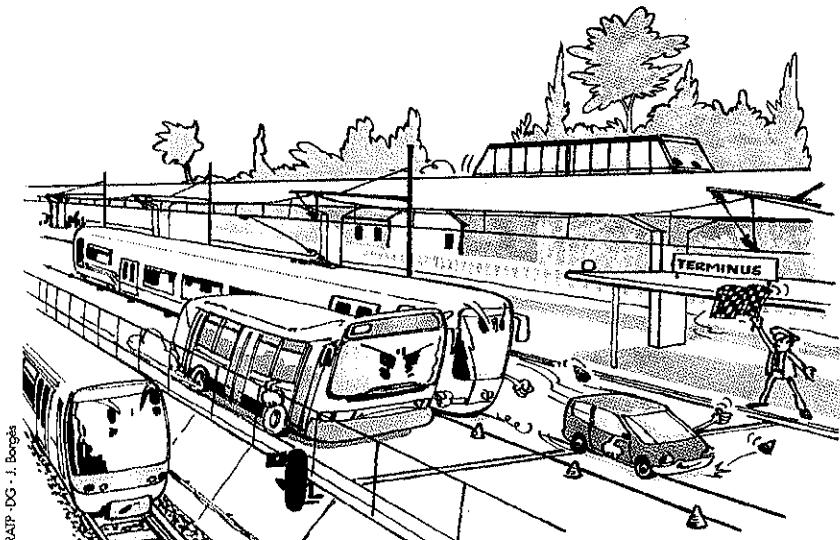


Tableau 3 - COÛT ÉCONOMIQUE ET SOCIAL D'UN DÉPLACEMENT DE 5 KM EN TRANSPORT COLLECTIF (EN FRANCS)

	TRAMWAY	VAL		MÉTRO		BUS EN SITE PROPRE	
<b>Coût privé :</b>	21,26	22,68	17,22	18,68	20,13	21,06	23,91
• tarification	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
• temps de déplacement	17,70	18,73	13,26	14,05	16,31	17,06	20,23
• autres revenus	0,33	0,67	0,67	1,23	0,55	0,70	0,44
• fiscalité	0,23	0,29	0,29	0,39	0,27	0,29	0,25
<b>Coût public :</b>	3,11	9,38	9,47	20,02	7,32	10,00	5,16
• financement	3,31	9,64	9,76	20,41	7,54	10,26	5,32
• coût social	0,02	0,03	0,00	0,00	0,05	0,04	0,09
• fiscalité	- 0,23	- 0,29	- 0,20	- 0,39	- 0,27	- 0,29	- 0,25
<b>Coût global</b>	24,36	32,06	26,69	38,70	27,45	31,05	29,08
<b>Coût global (hors temps de transport)</b>	6,66	13,33	13,43	24,64	11,14	13,99	8,85
Caractéristiques de la ligne :							
• vitesse commerciale	22,00	22,00	34,00	34,00	25,00	25,00	22,00
• coût total d'investissement <sup>(1)</sup>	950	1200	2600	3350	4500	4750	550
• trafic (en millions de voyages)	25	14	36	21	45	35	11

<sup>(1)</sup> En millions de francsTableau 4 - COÛT ÉCONOMIQUE ET SOCIAL D'UN DÉPLACEMENT DE 5 KM EN VOITURE PARTICULIÈRE  
ILE-DE-FRANCE ET AGGLOMERATIONS MILLIONNAIRES (EN FRANCS)

	2 X 4 VOIES EN TUNNEL INTEGRAL	2 X 4 VOIES EN TUNNEL PARTIEL	2 X 2 VOIES	2 X 2 VOIES	CHAUSSEE A 2 VOIES	CHAUSSEE A 1 VOIE
<b>Coût privé :</b>	27,98	27,98	27,98	27,98	34,73	39,73
• coût direct de fonctionnement	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36
• coût de possession	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10
• temps passé	6,75	6,75	6,75	6,75	13,50	18,00
• stationnement <sup>(1)</sup>	12,40	12,40	12,40	12,40	12,40	12,40
• fiscalité	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37
<b>Coût public :</b>	5,66	4,16	6,91	4,41	1,52	1,99
• coût social	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32
• voirie	5,33	3,83	6,58	4,08	1,19	1,67
• stationnement <sup>(1)</sup>	3,37	3,37	3,37	3,37	3,37	3,37
• fiscalité	- 4,37	- 4,37	- 4,37	- 4,37	- 4,37	- 4,37
<b>Coût global</b>	33,63	32,13	34,88	32,38	36,24	41,22
<b>Coût global (hors temps de transport)</b>	26,88	25,38	28,13	25,63	22,74	23,22
Caractéristiques du déplacement :						
• débit journalier	200 000	200 000	80 000	80 000	35 000	15 000
• vitesse (km/h)	40,00	40,00	40,00	40,00	20,00	15 000
Coût d'investissement :						
• voirie (Mf/km)	1 000	700	500	300	30	20
tarification du stationnement (TTC)	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00

<sup>(1)</sup> Durée de stationnement : 2 heuresTableau 5 - COÛT ÉCONOMIQUE ET SOCIAL D'UN DÉPLACEMENT DE 5 KM EN VOITURE PARTICULIÈRE  
AGGLOMERATIONS NON MILLIONNAIRES ET RASE CAMPAGNE (EN FRANCS)

	2 X 2 VOIES	CHAUSSEE A 2 VOIES	CHAUSSEE A 1 VOIE	CHAUSSEE A 1 VOIE	2 VOIES (7 M)	3 VOIES (10,5 M)	AUTOROUTE CONCÉDÉE (2 X 2 VOIES)
<b>Coût privé :</b>	27,98	34,73	39,23	30,23	7,86	7,38	6,58
• coût direct de fonctionnement	1,36	1,36	1,36	1,36	0,82	0,82	0,82
• coût de possession	3,10	3,10	3,10	3,10	1,92	1,92	1,92
• temps passé	6,75	13,50	18,00	9,00	3,86	3,38	2,57
• stationnement	12,40	12,40	12,40	12,40	0,00	0,00	0,00
• fiscalité	4,37	4,37	4,37	4,37	1,27	1,27	1,27
<b>Coût Public :</b>	1,16	1,23	1,99	2,66	0,12	0,12	0,25
• coût social	1,32	1,32	1,32	1,32	0,68	0,68	0,68
• coût de voirie	0,84	0,91	1,67	2,34	0,72	0,72	0,84
• stationnement	3,37	3,37	3,37	3,37	0,00	0,00	0,00
• coût de fiscalité	- 4,37	- 4,37	- 4,37	- 4,37	- 1,27	- 1,27	- 1,27
<b>Coût global</b>	29,14	35,96	41,22	32,89	7,99	7,51	6,83
<b>Coût global (hors temps de transport)</b>	22,39	22,46	23,22	23,89	4,13	4,13	4,26
Caractéristiques du déplacement :							
• débit journalier	80 000	35 000	15 000	10 000	10 000	15 000	20 000
• vitesse (km/h)	40,00	20,00	15,00	30,00	70,00	80,00	105,00
Coût d'investissement :							
• voirie (Mf/km)	40	20	20	20	10	15	25
tarification stationnement (TTC)	10,00	10,00	10,00	10,00	0,00	0,00	0,00

déplacement de 5 km (y compris le temps de déplacement) varie de 24,35 F à 32,05 F selon les trafics et les coûts d'investissement. Pour un métro ou un bus, les coûts sont du même ordre de grandeur : entre 27,45 F et 31,05 F pour un métro et 29,10 F et 36,05 F pour le bus en site propre intégral.

La valorisation du temps passé et son intégration dans les coûts de déplacement permettent de mettre en évidence l'avantage des modes de transport dont les vitesses de circulation sont d'un niveau élevé et pour lesquels les coûts d'investissement sont généralement supérieurs. Il convient alors d'apprécier si les surcoûts d'investissement sont compensés ou non par des gains de temps supplémentaires. Mais il s'agit là d'un critère parmi d'autres, car le décideur peut aussi privilégier un mode pour lequel le gain de temps unitaire par voyage est plus faible, mais dont les coûts d'investissement moins élevés offrent, pour un budget d'investissement global identique, des possibilités d'extension de réseaux plus importantes permettant ainsi de desservir davantage de population et de quartiers.

Pour la voiture particulière, les résultats obtenus sont très différents selon les zones géographiques considérées. En milieu urbain dense, où le coût du foncier pour la voirie est élevé, les coûts de déplacement se situent à des niveaux supérieurs à ceux des transports collectifs et varient de 32,15 F à 41,20 F. En revanche, en rase campagne, où les vitesses de circulation sont plus élevées et le coût du foncier plus faible, la voiture particulière apparaît très performante.

Les résultats obtenus font apparaître qu'en agglomération les coûts de voirie et de stationnement constituent un poste prépondérant, qui, ajoutés

aux coûts sociaux, génèrent un coût public important et supporté par la collectivité que ne compense pas la fiscalité automobile.

Mais des avantages non monétarisables méritent également d'être considérés pour la voiture particulière : souplesse d'utilisation, confort, autonomie...

L'objet de cette démarche n'est pas de chercher à promouvoir un mode de transport plutôt qu'un autre, mais à mettre en évidence les avantages et inconvénients de chacun d'eux selon les conditions urbaines et non urbaines et la période de la journée (par exemple : les temps de déplacement sont à l'avantage des transports collectifs à l'heure de pointe, mais en heure creuse et en milieu non urbain, la voiture particulière apparaît plus intéressante). Ce type d'approche consiste donc à favoriser dans les politiques de transport la complémentarité des modes.

L'évaluation des coûts et des avantages, qu'ils soient monétarisables ou non, condition indispensable pour une affectation optimale des ressources des collectivités publiques, représente donc un enjeu fondamental pour développer une intermodalité cohérente avec l'aménagement des espaces. Elle constitue, par ailleurs, une invitation à développer les travaux de recherche dans le domaine de l'économie des transports, afin de permettre aux décideurs de disposer d'outils de gestion et d'aide à la décision bien adaptés à ces problèmes. Mais surtout, en créant les conditions de mettre à la disposition des décideurs de tels outils, une ambition majeure apparaît : celle de permettre au processus décisionnel de s'appuyer sur une recherche d'efficacité économique et sociale tout en favorisant la nécessaire transparence dont il a besoin pour bénéficier d'une véritable légitimité. ■

## BIBLIOGRAPHIE

- SOFRETU-CETUR : "Analyse des coûts de déplacement : élaboration d'une méthodologie dans le cadre d'un compte transport de voyageurs", 1994.
- Emile Quinet : "Les coûts sociaux des transports : évaluation et liens avec les politiques d'internalisation des effets externes", OCDE/CEMT, octobre 1993.
- RATP, Département du Développement : "Compte Transport de Voyageurs de la Région d'Ile-de-France", décembre 1993.
- Pierre Merlin : "Géographie, économie et planification des transports", PUF, 1991.
- Claire Spitzmuller : "Le compte transport, outil d'aide à la décision", revue Transport Public n° 903 ; 1992.
- Pascal Auzannet et Adéline Bellaloum : "Le coût des déplacements pour la collectivité en Ile-de-France", revue RATP - Savoir Faire n°4 ; 1992.
- Louis Marchand : "Un concept fécond : la consommation d'espace temps", les Cahiers scientifiques de la revue Transport ; 1984.

## ENVIRONNEMENT : LE PELLICULAGE DES MATERIELS ROULANTS FERROVIAIRES

De nombreux réseaux de transport public sont confrontés au problème des graffitis, et notamment la RATP, qui a entrepris dès 1987 les premières recherches de produits de nettoyage et de protection destinés aux matériels roulants ferroviaires. Après plusieurs années d'essai et de mise au point, elle a décidé en 1992 de généraliser la technique du pelliculage à l'ensemble des matériels.

L'article retrace l'historique de la lutte anti-graffitis sur les matériels ferroviaires de la RATP. Il dresse ensuite un premier bilan d'utilisation et liste les principales spécifications techniques nécessaires à la maîtrise de la qualité de ce procédé, pour conclure sur les recherches et les perspectives de développement.

## ENVIRONMENT: COATING OF RAILWAY ROLLING STOCK

Several public transport networks are faced with graffiti problems, especially the RATP, which undertook as early as 1987 the first research for a cleaning and protection product intended for railway rolling stock. After several years of essays and clarification, the RATP decided in 1992 to bring into widespread use the coating technique to its rolling stock.

The article recounts the history of RATP's struggle against graffiti on its railway rolling stock. It then establishes an assessment and enumerates the main technical specifications necessary to control process quality, and concludes with the research and development perspectives.

## Umwelt: Eine Schutzschicht für Schienenfahrzeuge

Zahlreiche öffentliche Transportgesellschaften sind mit dem Graffiti-Problem konfrontiert. Hierzu ist insbesondere die RATP betroffen, die im Jahre 1987 begann, nach Reinigungs- und Schutzmitteln für Schienenfahrzeuge zu suchen. Nach mehreren Jahren der Erprobungen und Verbesserungen entschied sie sich 1992 für die generelle Anwendung der Schutzschicht-Technik an sämtlichen Schienenfahrzeugen.

Der Artikel beschreibt den Werdegang des Anti-Graffiti-Programms für Schienenfahrzeuge bei der RATP und zeigt anschließend eine erste Anwendungsbilanz unter Angabe der notwendigen prinzipiellen technischen Spezifikationen zur Erreichung eines optimalen Ergebnisses auf.

Der Bericht schließt mit Angaben zu weiteren Recherchen und Entwicklungsperspektiven ab.

## MEDIO AMBIENTE : PELICULADO DEL MATERIAL RODANTE FERROVIARIO

Muchas redes de transporte público se encuentran confrontadas al problema de los graffitis y en particular la RATP. Desde 1987 se llevan a cabo estudios sobre productos de limpieza y de protección destinados a los materiales rodantes ferroviarios. Después de varios años de experimentación se tomó la decisión en 1992 de generalizar la técnica del peliculado a todo el material.

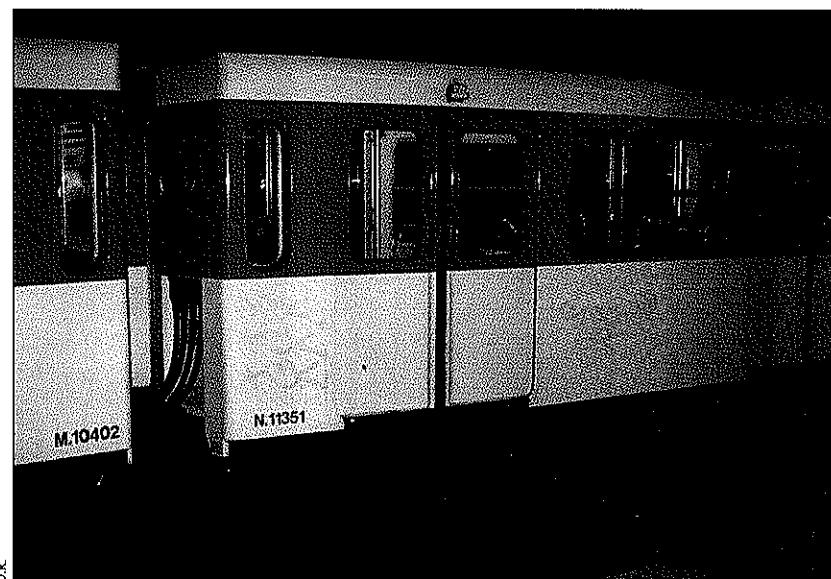
El artículo relata la historia de la lucha anti-graffiti aplicada a los materiales ferroviarios de la RATP. A continuación se ha realizado un balance de esta experiencia y se han listado las principales especificaciones técnicas que garantizan la calidad de este procedimiento, concluyendo así las investigaciones y las perspectivas de desarrollo.

# ENVIRONNEMENT

# Le pelliculage des matériels roulants ferroviaires

par Francis Drugeon,  
Département du Matériel  
Roulant Ferroviaire

**L**e phénomène graffiti est apparu en 1987, avec une croissance exponentielle jusqu'en 1991. Afin de faire face à la dégradation du confort voyageur qui en est résultée, le département MRF a rapidement commencé à travailler sur les procédés de nettoyage et de protection. Les recherches ont débouché, dès 1987, sur la protection par films polyester des plans de ligne disposés à l'intérieur des voitures (1987-1988).



Quand les graffitis avaient la vie dure...

## ■ L'HISTORIQUE DES RECHERCHES ET LES ACTIONS ANTI-GRAFFITI

Les investigations se sont très vite développées, compte tenu de l'ampleur du phénomène. Elles ont permis de tester plus de 100 produits d'origine française et étrangère.

Les deux plus efficaces ont été retenus et mis en œuvre :

- Comorcap (société Socomor) pour le nettoyage des surfaces extérieures des voitures, protégées par une peinture polyuréthane très résistante ;
- Magnus 1302 (société Henkel) pour les intérieurs, recouverts d'une peinture plus fragile.

A partir de 1990, les graffeurs ont commencé à utiliser des encres très agressives pénétrant dans les peintures, phénomène qui a été à l'origine des recherches sur les écrans de protection. Deux procédés ont été testés sur voitures à partir du 1<sup>er</sup> semestre 1990.

Le premier consiste à recouvrir les surfaces peintes à l'aide d'un vernis transparent absorbant les graffitis avant pénétration dans les peintures. Le vernis dégradé est ôté avec un solvant organique type acétone, puis reconstitué.

Le second, dénommé pelliculage, met en œuvre un "blindage" constitué d'un film polyester composé, teinté selon la livrée des véhicules.

La protection par vernis a été appliquée dès 1990 sur les lignes 13 et 3, dans le cadre du plan propreté, piloté par le département SEC (Environnement et Sécurité). Son utilisation a été étendue aux lignes 1 et 5 en 1991. En revanche, le pelliculage a tout d'abord nécessité un essai sur 6 trains de la ligne 13 (septembre 1990) avant d'être retenu pour la réhabilitation de la totalité du parc MI79 de la ligne B (2<sup>er</sup> semestre 1991).

Le problème du choix entre ces deux procédés a amené le département MRF à établir un bilan comparatif, présenté en séance du Conseil d'administration de juin 1992, dans le cadre du dossier "Politique de protection et de renouvellement des peintures des matériels roulants Métro et RER". Ce bilan fait apparaître un net avantage économique pour le pelliculage (coût d'enlèvement des graffitis deux fois plus faible, et gain de 40% sur les infrastructures), ce qui a conduit le Conseil à retenir le scénario proposant le pelliculage comme protection des peintures.

Au 1<sup>er</sup> janvier 1994, la totalité du parc des lignes 1, 6, 7 et 8 était pelliculée, les lignes 5 et A ne l'étant que partiellement.

L'opération se terminera au 2<sup>er</sup> trimestre 1995, pour la dernière ligne, à l'exception des voitures à moderniser (lignes 4 et 9), qui seront pelliculées au rythme des chantiers (1995-1998) ; les matériels à réformer durant la période 1995-1998 (MP55, ligne 11, et MP59 non modernisé, ligne 4) sont conservés en l'état.



Le pelliculage : une seconde peau pour les trains.

RATP COM/AV-Audrion

## ■ LE BILAN D'UTILISATION DU PELLICULAGE

A ce jour, le nombre de trains traités est suffisant pour tirer un premier bilan sur l'efficacité du pelliculage en exploitation. Les observations réalisées sur le matériel de la ligne B montrent que, deux ans après leur pose, l'état des films est satisfaisant, notamment sur les surfaces extérieures. Le principal problème provient du vandalisme constaté sur les habillages intérieurs.

Le procédé présente cependant un bilan très positif, car le changement des films détériorés permet une remise en état parfaite (aspect neuf) sans provoquer d'immobilisation de matériel, sous réserve d'assurer une maintenance continue. De plus, l'enlèvement des graffitis sur un pelliculage en bon état ne laisse aucune trace résiduelle, tout en étant réalisable sur les positions de garage, pendant les périodes de disponibilité du matériel.

Il faut également signaler deux avantages induits très importants concernant la mise en œuvre du plan propreté et l'application de la nouvelle identité visuelle des matériels. En effet, les films polyester présentent la caractéristique d'être facilement nettoyables, car l'adhérence des poussières et autres salissures est très faible. Cette propriété autorise l'emploi de moyens de nettoyage mécanisés relativement sommaires (exemple : machine à laver ligne 1), qui répondent parfaitement aux possibilités d'implantation très limitées dans les terminus du métro. Elle permet également l'utilisation de faibles quantités d'eau, condition indispensable à la mécanisation du nettoyage de la majorité des voitures métro, non étanches (problèmes de corrosion des logements de portes), car conçues pour circuler en tunnel.

La seconde caractéristique intéressante du pelliculage est de pouvoir être posé sans infrastructure

particulière. Cette possibilité permettra de réaliser en cinq ans le changement d'identité visuelle sur la totalité du parc de matériel, au lieu de dix ans avec les peintures.

## ■ LES SPECIFICATIONS TECHNIQUES

Le bilan d'utilisation du pelliculage est donc très positif, mais il faut veiller à conserver, voire à améliorer, les performances des produits employés. Cette préoccupation a conduit le département MRF à spécifier les caractéristiques techniques et les conditions de mise en œuvre des films polyester.

### Les principales caractéristiques

Les films utilisés pour le pelliculage sont homologués selon les critères suivants, établis en concertation entre les départements MRF et LOG (Logistique).

#### – le comportement au feu

Il doit répondre à la norme NF F16-101. Dans la pratique, la majorité des produits testés sont classés M1 (sur une échelle M0-M4) pour l'inflammabilité et F3 (sur une échelle F0-F5) pour l'opacité des fumées.

Bien que répondant à cette norme, les films employés actuellement sur le matériel roulant ont fait l'objet d'un essai reproduisant les conditions réelles d'un incendie à l'intérieur d'une voiture. Organisé par l'unité Etudes du département MRF, il a permis à l'unité Laboratoires-essais-mesures du département LOG de mesurer un dégagement d'acide chlorhydrique inférieur à 10% du seuil de danger fixé par le N.I.O.S.H (National Institute for Occupational Safety and Health, USA).

#### – la résistance aux graffitis

La méthode de mesure, faisant l'objet du projet de norme Pr F31-112, a été mise au point par un groupe de travail SNCF/RATP. Elle permet de déterminer l'importance du graffiti restant sur la surface après nettoyage, ainsi que l'éventuelle détérioration du matériau testé.

#### – l'opacité

Ce critère est lié à la présence de graffitis résiduels sur les surfaces à pelliculer. Le film doit complètement masquer les traces demeurant sur le support.

#### la tenue aux agressions chimiques et mécaniques (hors graffitis)

En plus des graffitis, les films sont également agressés chimiquement et mécaniquement par les moyens employés pour le lavage des trains, ainsi que par l'environnement (exemple : variations de température entre voies en tunnel et voies aériennes). Plusieurs essais permettent de mesurer :

- la résistance aux produits de lavage ;
- la résistance à l'abrasion (frottement des brosses des moyens de lavage mécanisés) ;



Un "artiste" de la pose des films polyester au travail aux ateliers de Charonne.

RATP - COM/AV - Audibert

- la tenue aux variations de température (état de surface et variation dimensionnelle) ;
- le comportement aux rayons ultraviolets (jaunissement du polyester).

### les conditions d'enlèvement des films

Le pelliculage doit posséder une adhérence suffisante dans les conditions normales d'exploitation du matériel, afin de ne pas être facilement arraché par les vandales. Par contre, il doit pouvoir être ôté à l'aide de procédés chimiques ou thermiques (chauffage), pour permettre les échanges suite au vandalisme ou vieillissement. Ces propriétés sont caractérisées par :

- la résistance à l'arrachement ;
- la résistance à la rupture (un film partant en lambeaux lors de l'enlèvement grève le coût de l'opération) ;
- la possibilité d'enlèvement, dans un temps imparti, sans dégrader le support et sans laisser de colle.

### Le domaine d'utilisation

Le pelliculage ne peut s'appliquer que sur des supports lisses, ce qui exclut la pierre et le ciment. De plus, il ne peut être utilisé sur des surfaces non développables, telles que les formes sphériques, sous peine de présenter des plis.

En règle générale, les petites surfaces comportant de nombreux arrondis ou congés de faible rayon (< 5 mm) générant des décollements (exemple : cadres de banquettes) ne se prêtent pas à l'utilisation de ce procédé.

En revanche, ces contraintes de formes des supports sont compensées par une bonne adhérence sur l'ensemble des matériaux constitutifs du matériel roulant, et notamment les mélamines (formica) des panneaux sous baies vitrées, ce qui n'est pas le cas des peintures.

**"Le pelliculage ne peut s'appliquer que sur des supports lisses, ce qui exclut la pierre et le ciment."**

### Les conditions de mise en œuvre

Si la pose du pelliculage ne nécessite pas d'infrastructure spécifique, cependant il est indispensable de disposer de voies abritées et chauffées, car les films doivent être appliqués sur des supports soigneusement dégraissés et secs, à une température  $> 15^\circ \text{C}$ , afin d'obtenir une adhérence optimale.

A l'inverse, compte tenu de l'importance des surfaces à traiter, le renouvellement du pelliculage des carrosseries extérieures de voitures (périodicité cinq à sept ans) impose l'industrialisation des procédés d'enlèvement et des infrastructures dédiées à cette opération (voies couvertes, chauffées, dotées de nacelles...).

## LES RECHERCHES

La démarche de spécification a suscité des recherches destinées à améliorer les performances des films, mais aussi à en accroître le domaine d'utilisation.

Deux voies de recherche sont actuellement privilégiées : limiter le vandalisme et vérifier la compatibilité du pelliculage avec les peintures hydro-solubles (à l'eau).

### Le vandalisme

De nouveaux films présentant une meilleure adhérence que les produits actuellement employés sont en essais sur quelques voitures de la ligne B. Les premières constatations montrent une diminution très significative du nombre de panneaux arrachés. L'homologation ne pourra cependant intervenir avant la fin des essais, prévue pour le troisième trimestre 1994.

### La compatibilité pelliculage-peintures hydro-solubles

Les ateliers de peinture utilisent actuellement des peintures solvantées (les diluants sont des sol-

vants, telle que l'acétone), ce qui pose problème vis-à-vis de la réglementation européenne, de plus en plus draconienne sur les rejets de solvants.

Pour faire face à cette contrainte, les ateliers de peinture du département MRF ont commencé à employer des peintures hydro-solubles (le diluant est de l'eau) dès 1991. Malheureusement, ces peintures sont très fortement dégradées par les produits d'enlèvement des graffitis, ce qui a conduit à en limiter l'emploi aux toitures et dessous de voitures.

Pour généraliser l'utilisation des peintures hydro-solubles, il est donc nécessaire de les protéger des solvants par un écran, qui pourrait être le pelliculage, sous réserve que l'essai réalisé depuis un an sur une voiture du MF 67 démontre que la colle des films est compatible avec ce type de peinture. Le premier bilan de l'essai sera effectué dans le courant du 2<sup>e</sup> semestre 1994.

## LES PERSPECTIVES D'UTILISATION DU PELLICULAGE

L'emploi du pelliculage comme moyen de protection est très récent. Par conséquent, son champ d'application est encore mal appréhendé, mais les caractéristiques mécaniques des films polyester (dureté, résistance à la rupture...) pourraient leur permettre de remplacer les films PVC, utilisés pour décorer les véhicules utilitaires routiers (cars, camions), qui présentent une plus grande fragilité. Il est également envisagé d'utiliser le pelliculage en lieu et place des peintures (surfaces simples uniquement). Dans ce cas, les films seraient directement posés sur le matériau du support, en ayant soin de prévoir un traitement anti-corrosion préalable si nécessaire.

On peut donc prévoir un développement rapide de ce type de protection, qui présente des caractéristiques particulièrement adaptées aux matériels roulants ferroviaires et routiers.



## TRAMWAY

#### UNE LIGNE AERIENNE AU-DESSUS DE TOUT CAMION

Afin d'assurer le franchissement de la ligne de tramway de "Saint-Denis à Bobigny" par des convois de grande hauteur, la RATP a étudié un système de relevage des lignes aériennes de contact.

Ce système permet de faire passer la hauteur des fils de contact par rapport aux rails de roulement de 6,50 m à 7,70 m.

Quatre passages ont été équipés sur le parcours de la ligne :

- le carrefour du pont Palmers à La Courneuve,
  - le carrefour des "Six Routes" à La Courneuve,
  - le franchissement de la RN 1 à Saint-Denis,
  - la sortie de l'autoroute A1 à Saint-Denis.

 TRAMWAY

A CATENARY LINE ABOVE ALL TRUCKS

In order to enable convoys of an above average height to cross over the tramway line "Saint-Denis - Bobigny", the RATP has carefully designed a catenary lifting system. This system enables the lifting of the overhead contact line from 6.5 m to 7.7 m in relation to the running rail. Four crossings are equipped with this system:

- intersection Pont Palmiers at La Courneuve,
  - intersection "Six Routes" at La Courneuve,
  - crossing of RN 1 at Saint-Denis,
  - exit of the A1 highway at Saint-Denis.

## STRASSENBAHN:

EINE OBERLEITUNG HÖHER ALS ALLE LKW'S

Damit Lastkraftwagen mit einer außergewöhnlichen Höhe die Straßenbahmlinie von "Saint-Denis nach Bobigny" ungehindert überfahren können, entwickelte die RATP ein System, das die Anhebung der Straßenbahn-Oberleitungen ermöglicht. Hierdurch konnte eine Verlagerung der Oberleitungen - von den Gleisen angerechnet - von ursprünglich 6,50 m auf 7,70 m Höhe erreicht werden.

#### **Vier Passagen wurden von dieser Maßnahme betroffen :**

- der Kreisverkehr am Pont Palmers in La Courneuve,
  - der Kreisverkehr der "Six Routes" in La Courneuve,
  - die Überquerung der Nationalstraße 1 in Saint-Denis,
  - die Autobahnausfahrt A 1 in Saint-Denis.

EL TRANVIA

■■■■■ UNA LINEA AEREA POR ENCIMA DE TODO CAMION

Para que los convoyes voluminosos puedan franquear la línea del Tranvía de "Saint-Denis Bobigny", la RATP ha estudiado un sistema de elevación de las líneas aéreas de contacto.

Este sistema permite sobre-elevar los cables de contacto desde 6,50 metros hasta 7,70 metros por encima de los rieles de rodamiento. Se han equipado cuatro puntos de franqueo sobre el trayecto de la línea:

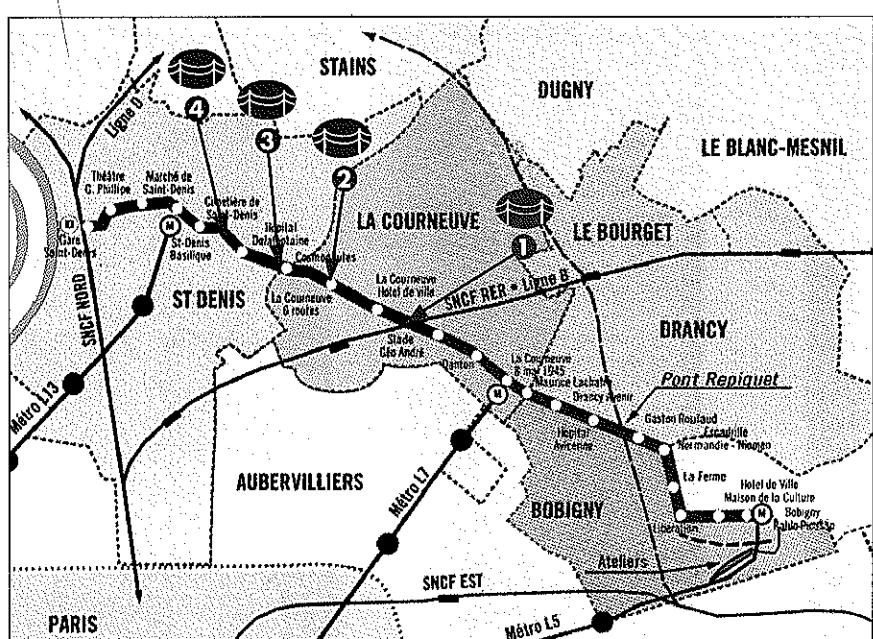
- el cruce del Pont Palmers de La Courneuve,
  - el cruce de las "Six Routes" de La Courneuve,
  - el franqueamiento de la RN1 en Saint-Denis,
  - la salida de la autovía A1 de Saint-Denis.

## TRAMWAY

# **Une ligne aérienne au-dessus de tout camion**

par Robert Cossec et  
Jacques Saccas,  
Département des Équipements  
et des Systèmes Électriques

**T**out au long des 10 km de son parcours, la ligne de tramway Saint-Denis - Bobigny franchit des axes routiers très fréquentés. Il peut s'agir, en particulier, d'artères empruntées par des convois exceptionnels pouvant atteindre 7,50 m de haut, alors que la hauteur maximale de captage par le pantographe est de 6,50 m\*.



## Plan de situation des carrefours équipés pour le relevage de la ligne aérienne.

Dès l'origine du projet, à la demande des entreprises utilisant des convois exceptionnels et des services de la DDE, les points singuliers de franchissement de la ligne de tramway ont été recensés en même temps qu'étaient déterminées les fréquences prévisibles de passage.

Quatre sites ont été retenus :

- le carrefour du pont Palmers à La Courneuve,
- le carrefour des "Six Routes" à La Courneuve,
- le franchissement de la RN 1 à Saint-Denis,
- la sortie de l'autoroute A1 à Saint-Denis.

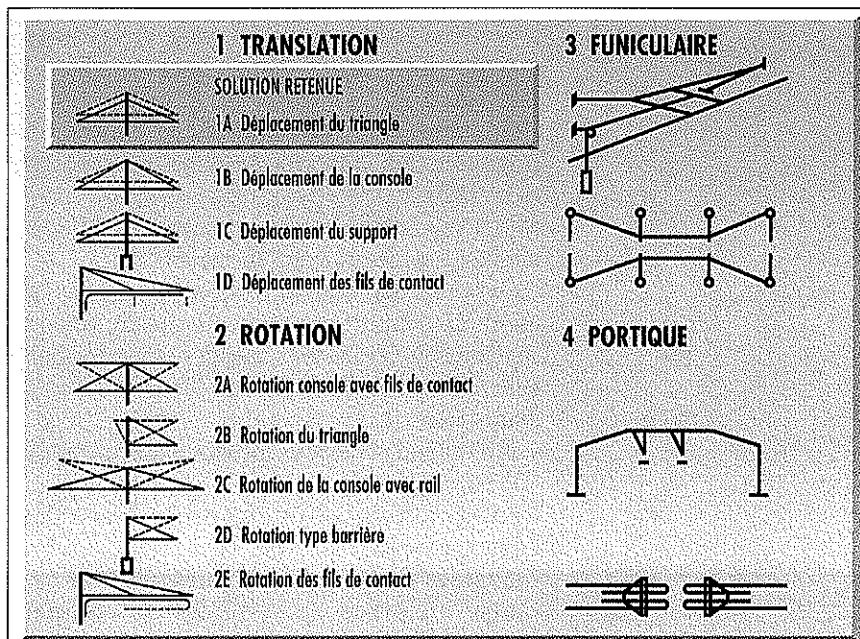
## I L'ANALYSE FONCTIONNELLE

Les fonctions principales à respecter par un système de relevage sont les suivantes :

- possibilité d'utiliser le système ligne aérienne sous tension ;
- relevage de la ligne aérienne pour assurer une hauteur libre au-dessus de la chaussée de 7,50 m ;
- commande électrique à pied d'œuvre à partir d'un coffret placé à proximité du relevage pour permettre le suivi des manœuvres ;
- commande manuelle de secours en cas de défaillance de la commande électrique avec possibilité de commande à distance ultérieure ;
- bonne intégration du dispositif dans l'environnement (système le plus esthétique possible) ;
- protection contre des manœuvres intempestives par des personnes étrangères à la RATP ;
- bonne disponibilité des dispositifs.

## I L'INVENTAIRE DES SOLUTIONS TECHNIQUES

Afin de répondre au mieux aux fonctionnalités énumérées ci-dessus, il a été dressé, dans un premier temps, une liste exhaustive des différentes



Les diverses solutions techniques.

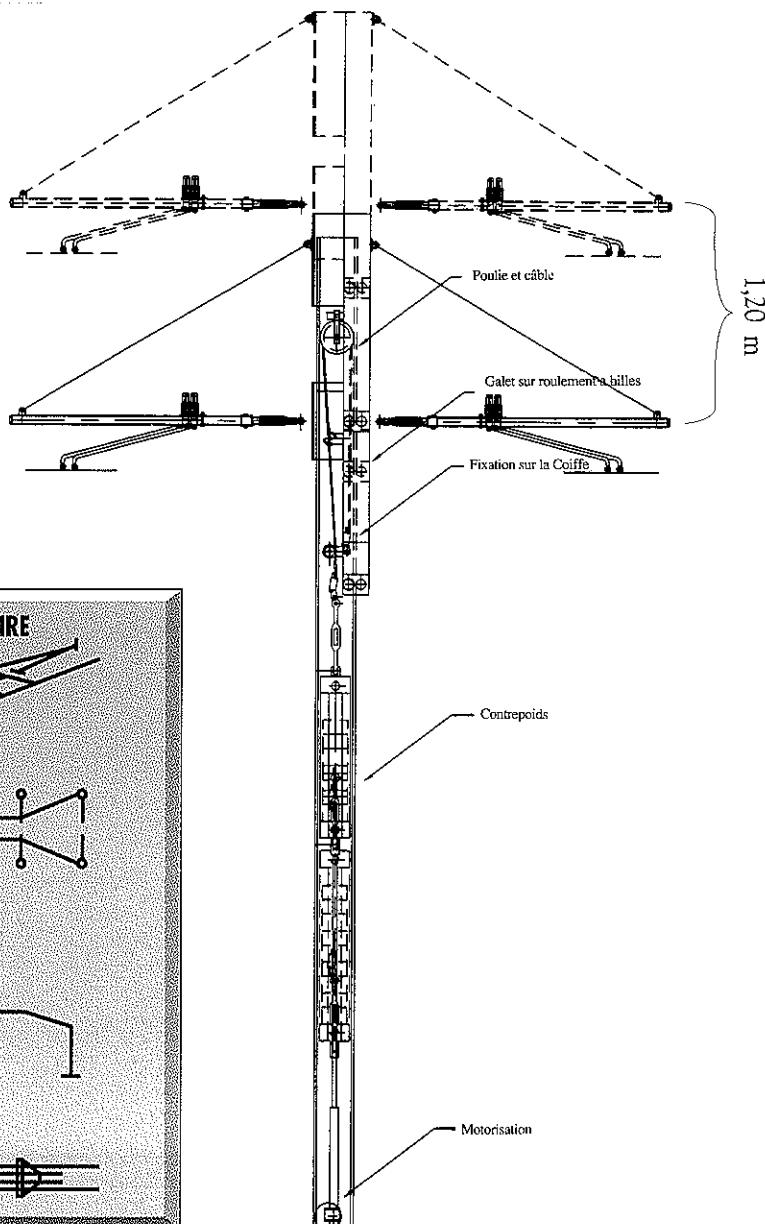
variantes de relevage qui sont figurées ci-dessous. Dans un deuxième temps, une analyse technico-économique de ces différentes variantes a conduit à retenir la solution 1A, à savoir une translation par déplacement du triangle de suspension des lignes aériennes.

Ce système de relevage répondait d'une part à tous les critères retenus dans l'analyse fonctionnelle et d'autre part pouvait être généralisé aux quatre sites retenus.

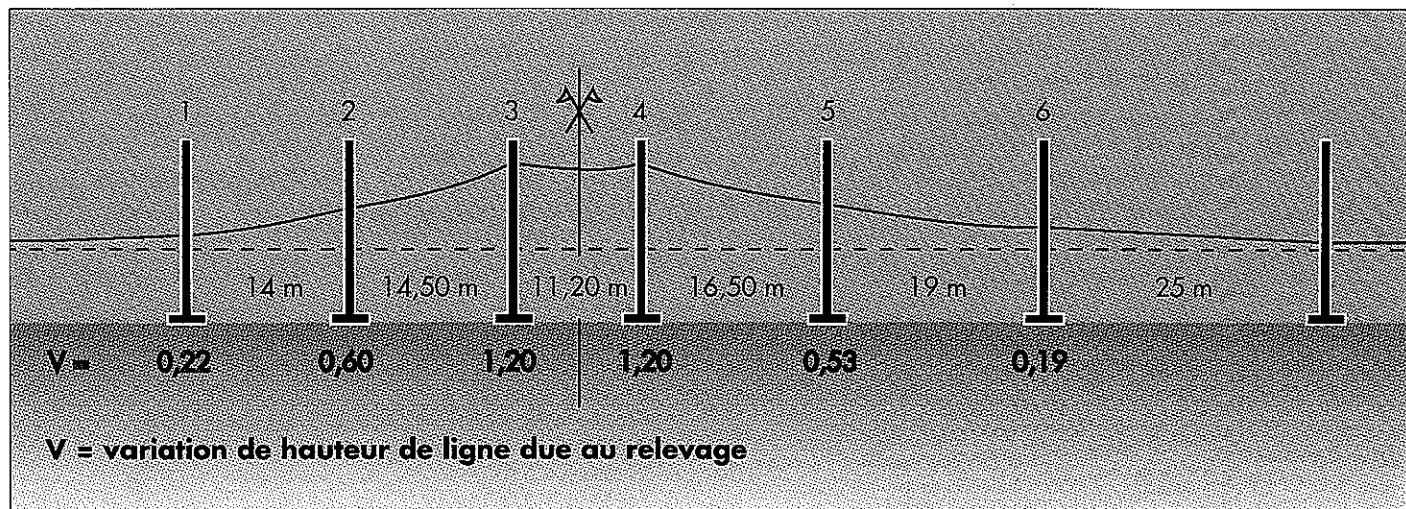
## I LES ETUDES DE DEFINITION DU SYSTEME DE RELEVAGE

Le relevage s'effectue par élévation d'un système ayant la forme d'un triangle assurant la suspension des lignes aériennes et fixé sur une pièce mobile coulissant en partie haute du support.

Cette pièce mobile motorisée que l'on appellera "coiffe" a été conçue pour permettre une surélévation de 1,20 m de la ligne aérienne.



Un support avec «coiffe» mobile.



Exemple de relevage pour le carrefour de la «RN1» à St-Denis.

## LE PRINCIPE DE RELEVAGE

### Incidence sur la ligne

Le relevage des fils de contact d'une amplitude de 1,20 m qui s'effectue au droit de deux supports encadrant le passage des convois exceptionnels entraîne une modification de la géométrie de la ligne aérienne et, corrélativement, une modification de la tension mécanique (surtension pouvant atteindre 40% de la tension mécanique initiale).

Afin de limiter la zone concernée par les manœuvres de relevage, des dispositifs de compensation de la surtension mécanique ont été placés dans la mesure du possible au plus près des sites de franchissement par les convois exceptionnels.

### Equipement des supports encadrant le système de relevage.

A la hauteur des supports 2 et 5, la remontée des fils de contact varie en fonction de la distance entre support et se situe pour les cas les plus défavorables (sites se trouvant en courbe) entre 60 cm et 70 cm ; il importe donc d'assurer au droit de ces supports un montage permettant de reconfigurer la position normale de la ligne aérienne à la fin de la manœuvre de relevage.

### Motorisation du système de relevage

Deux types de motorisation ont été étudiés :

- le premier mettant en œuvre un treuil à câbles placé dans un regard au pied du support ;
- le second utilisant un vérin électrique situé entre les ailes du support de type "H".

## REALISATION D'UN SYSTEME DE RELEVAGE PROTOTYPE

Afin de tester tous les éléments constitutifs d'un système de relevage, un prototype devant reprendre la configuration la plus contraignante

sur le terrain - à savoir celle du dispositif destiné à être installé au franchissement de la RN 1 - était réalisé à Saint-Rémy-les-Chevreuse. Il présentait en particulier une courbe prononcée des voies (rayon de 70 m) et permettait en outre de tester le montage des systèmes de relevage en tension et en compression.

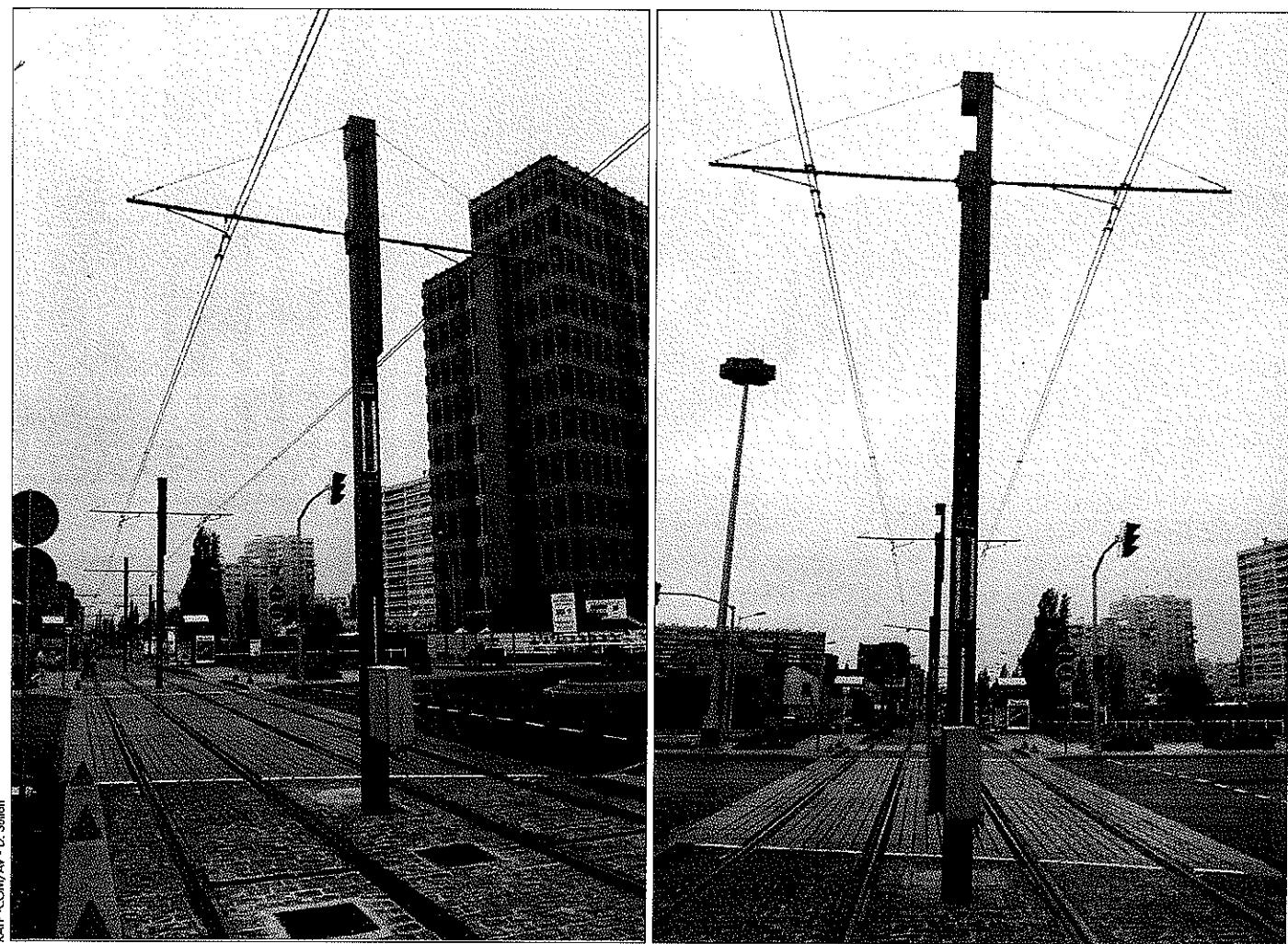
### Synthèse des essais

Les différents essais entrepris intéressaient principalement :

- 1°/ La validation de la coiffe
- 2°/ La validation des deux types de motorisation :
  - relevage par vérin électrique,
  - relevage par treuil à câbles.
- 3°/ La validation de l'équipement des lignes aériennes :
  - montage en tension (extérieur courbe),
  - montage en compression (intérieur courbe).
- 4°/ La validation du système de compensation de la surtension mécanique :
  - poids optimal compte tenu des efforts de soulèvement, induit par le relevage et les frottements inhérents au mécanisme de relevage,
  - encombrement des galettes de contrepoids (manutention, intégration dans le support de type "H").
- 5°/ La validation du comportement des différents montages sur les supports encadrants.

La synthèse des résultats d'essais a permis de faire un choix définitif des éléments constitutifs d'un système de relevage ainsi que des montages particuliers à mettre en œuvre sur les supports encadrants, à savoir :

- utilisation d'une coiffe utilisant une seule aile du "H" pour le guidage ;
- utilisation du vérin électrique placé dans l'âme du support de type "H" ;
- montage en tension des lignes aériennes ;
- mise en place de systèmes de compensation de part et d'autre des zones de relevage.



Vues des deux supports encadrant le carrefour : à gauche, en position normale, à droite en position haute.

## ■ DESCRIPTION DU SYSTEME DE RELEVAGE INSTALLE

La partie mobile qui assure la montée et la descente de la ligne est constituée d'une "coiffe" télescopique entraînée par vérin électrique, qui coulisse le long des ailes du profilé "H" servant de support.

Le mouvement du vérin, transmis par un câble sur poulie, est facilité par la présence de galets sur roulements à billes solidaires de la coiffe.

Pour limiter les efforts des motorisations (comme pour un ascenseur), un contrepoids en plomb coulisse entre les ailes du support "H". Ce dispositif permet en particulier au vérin électrique de travailler à la traction quelle que soit la manœuvre (montée ou descente).

## ■ MISE EN SERVICE, UTILISATION ET ENTRETIEN

Les quatre systèmes de relevage ont été mis en service en décembre 1992 et ont été utilisés à plusieurs reprises pour le passage de convois de grande hauteur (un passage par mois en moyenne). Pour permettre d'assurer une bonne disponibilité de fonctionnement des installa-

tions, chaque dispositif a été en plus équipé d'une résistance de chauffage permettant de s'affranchir des perturbations dues au givre.

Un contrôle intégral des équipements de relevage est effectué une fois par an lors des cycles d'entretien de la ligne, indépendamment des manœuvres liées au passage des convois.

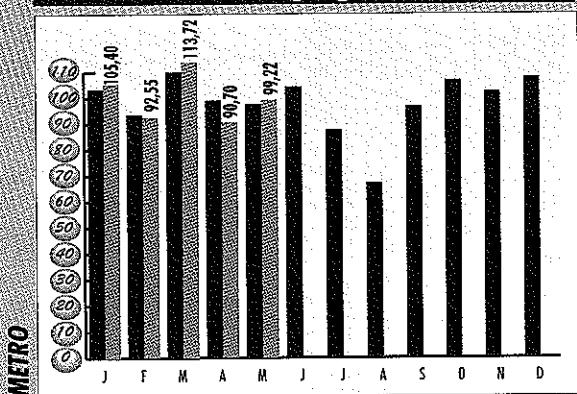
## ■ AUTRES APPLICATIONS

Le faible encombrement et la simplicité du système ont eu pour conséquence de favoriser son intégration dans l'environnement et de limiter son coût (environ 300 KF le système de relevage).

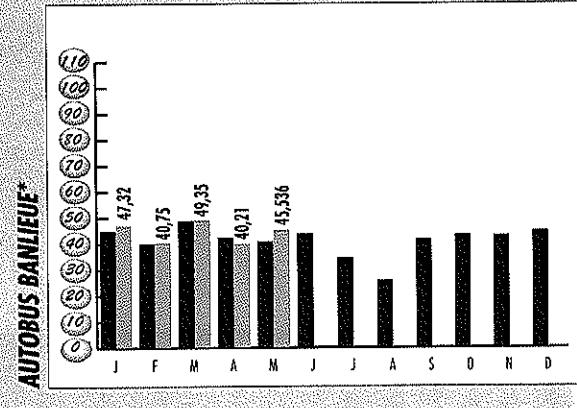
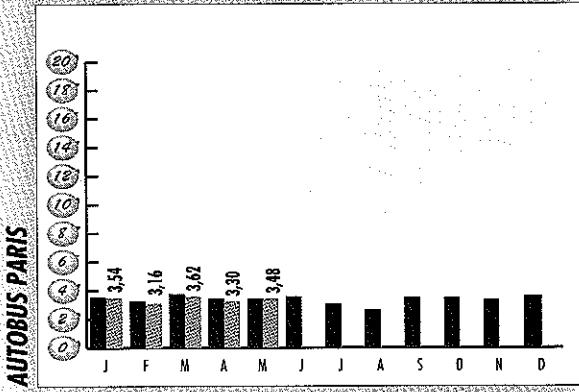
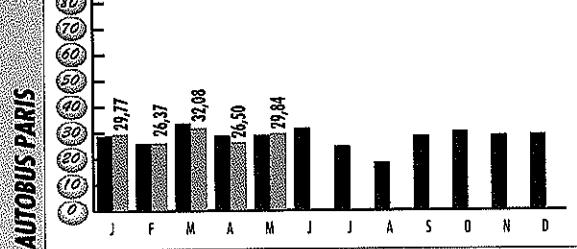
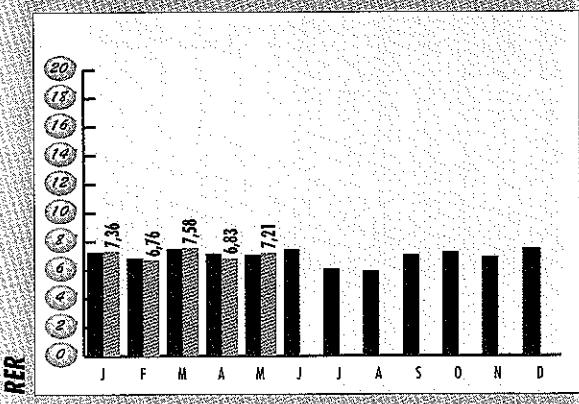
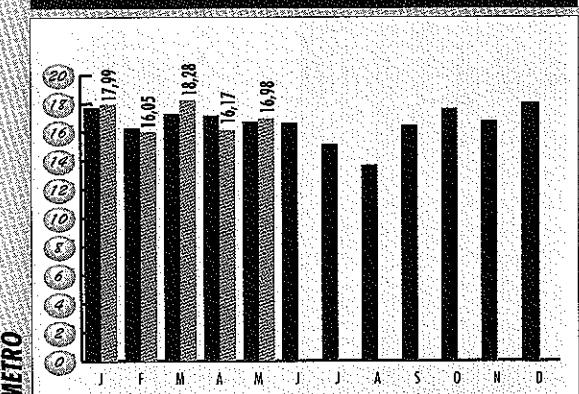
De ce fait, le système a pu être installé sur le terminal de Calais dans le cadre de la liaison TRANSMANCHE et intéresser par ailleurs des réseaux de transport ferroviaire .

# TRA FIC & S ERV I C E S

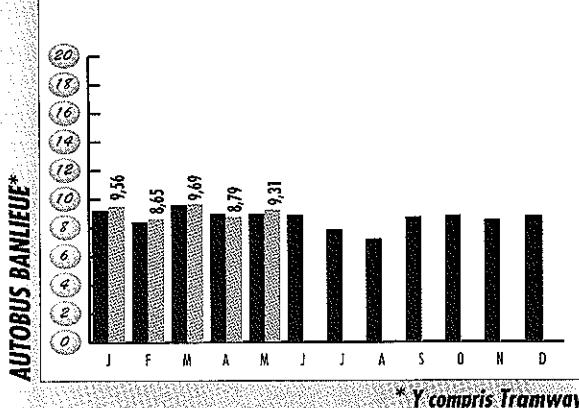
## Millions de voyages effectués



## Millions de km-voitures



1994  
1993



\* Y compris Tramway

## LE NOUVEAU SCHEMA DIRECTEUR DE L'ILE-DE-FRANCE

*Le nouveau Schéma Directeur de l'Ile-de-France fixant les grandes orientations pour l'aménagement de la région du début du XXI<sup>e</sup> siècle vient de paraître (approuvé par un décret du 26 avril 1994).*

**M**aîtrise de la croissance, protection des grands espaces ruraux, redéveloppement économique de secteurs périphériques de la capitale, tels sont les objectifs majeurs affichés.

Pour les atteindre, la contribution des transports en commun est indispensable. Au-delà des projets en cours, la RATP envisage donc plusieurs prolongements de ses lignes de métro en banlieue et la création de deux rocades en proche et moyenne couronne.

L'organisation polycentrique de la région Ile-de-France prévoit 4 types de pôles urbains autour desquels s'exprimeront les grandes mutations en matière de population et d'emplois : les centres d'envergure européenne, les sites de redéveloppement de la proche couronne, les villes nouvelles et nouveaux sites d'urbanisation, et les villes "traits d'union" de la couronne rurale. Ce parti d'organisation ne saurait être appliqué et vivre durablement sans l'existence de réseaux de transport adaptés et efficaces, capables de répondre à une forte aug-

mentation de la demande de mobilité (évaluée à cinq fois l'évolution attendue de la population) et couvrant tous les types de déplacements. Cela exige une étroite coordination entre aménagement et transports.

Au service des mêmes objectifs globaux, les transports collectifs et individuels devront être associés dans une stratégie d'ensemble valorisant les qualités propres à chacun des modes, où ils seront complémentaires et non pas concurrents.

Ainsi, tout en améliorant l'existant, transports en commun et routes devront offrir de nouvelles liaisons, en particulier des rocades, de manière à pouvoir desservir les différents pôles d'urbanisation de la région. En ce qui concerne plus particulièrement le réseau de transports en commun, celui-ci devra, pour satisfaire aux orientations du Schéma Directeur et offrir une réelle alternative à l'utilisation de la voiture particulière, affirmer son rôle structurant en favorisant deux axes d'évolution : d'abord, consolider les

### Schéma Directeur

puissantes lignes radiales qui en constituent l'armature, l'ossature de base ; ensuite, conquérir une part plus grande des déplacements périphériques, en très forte croissance.

Le réseau sera, à l'horizon 2015, conçu autour de trois grandes catégories d'infrastructures :

- un réseau régional à grand gabarit ;
  - le réseau du métro étendu en proche couronne ;
  - un réseau complémentaire, en proche et moyenne couronne, de modes légers en site propre. Des installations d'échanges (gares routières et parcs de rabattement) viendront parachever le tout.
- Etroitement associée à l'élaboration du SDRIF 94, la RATP a, pour sa part, préconisé un certain nombre d'opérations qui ont, en quasi-totalité, été retenues.

**ORBITALE : l'enjeu de la RATP des vingt prochaines années**

L'amélioration des dessertes en proche et moyenne couronne est du ressort de la RATP. L'entreprise se propose d'y tisser un véritable maillage de transports collectifs à l'image de celui dont bénéficie déjà le secteur de Paris intra-muros en :

- créant en proche couronne une grande rocade dénommée "ORBITALE" ;
- prolongeant plusieurs lignes du métro jusqu'à cette rocade ;
- développant un réseau complémentaire de transports en site propre, notamment en moyenne couronne.

La rocade ORBITALE irriguera le pourtour très dense de la zone centrale que constitue Paris. Elle sera composée, à l'ouest, du Tram Val de Seine dont la réalisation est déjà engagée et, à l'est, de sections entièrement nouvelles de métro automatique. Elle sera en relation avec presque toutes les lignes du métro et du RER.

Les prolongements de lignes du métro permettront de compléter le maillage avec ORBITALE et de desservir des pôles de développement ou des zones denses enclavées : 1 à Nanterre-Préfecture, 4 à Bagneux, 7 au Bourget, 8 à Créteil-Sud, 9 à Montreuil-Mûrs à Pêches, 11 à Rosny-Bois Perrier, 12 à Mairie d'Aubervilliers, 13 à Stains-Le Globe et Météor jusqu'au Port de Gennevilliers (en corres-

## Jean-Paul BAILLY, nouveau PDG de la RATP

Le Conseil des Ministres du 15 juin 1994 a nommé Jean-Paul Bailly, Président Directeur général de la RATP en remplacement de Francis Lorentz dont le mandat n'a pas été renouvelé.

Agé de 47 ans, Jean-Paul Bailly est entré à la RATP en 1970. Il est le premier Président issu de l'entreprise. De 1970 à 1972, il s'est d'abord formé au métier d'exploitant au sein de la direction du Réseau ferré. Il a ensuite occupé des fonctions de planification et de gestion avant

de devenir, dans le cadre de SOFRETU, directeur de la Coopération technique à Mexico. De 1983 à 1987, il a été responsable des ateliers de Championnet, puis, chronologiquement, de l'ensemble du service du Matériel roulant bus, directeur du Métro et du RER et directeur du personnel. Nommé Directeur général adjoint en 1990, il a été en charge du secteur Politique Sociale et Potentiel humain, puis à partir d'octobre 1993, du pôle Exploitation-Commercial-Sécurité.



# NOUVELLES RATP

pondance avec ORBITALE à Mairie de Clichy). Des antennes en métro automatique sont également prévues pour rejoindre des pôles plus éloignés : sud-ouest de Châtillon-Montrouge à Viroflay via Vélizy, sud-est de Villejuif à Bonneuil irriguant le secteur Seine-Amont et est d'Austerlitz à Noisy-le-Grand.

Enfin, les infrastructures supplémentaires en site propre (bus, tramway ou autre technologie à définir) permettront d'irriguer plus en profondeur de vastes zones de développement situées en moyenne couronne ou d'en desservir d'autres encore plus éloignées. A ce titre, le SDRIF retient :

- l'organisation d'une seconde rocade constituant un complément à ORBITALE (cette seconde rocade comportera la section Bobigny - Saint-Denis déjà réalisée en mode tramway, la section Saint-Maur - Rungis du Trans Val-de-Marne qui sera étendue à Antony à l'ouest et à Champigny à l'est, ainsi que les infrastructures de transports collectifs réalisées dans les Hauts-de-Seine dans le cadre du projet de Maille Urbaine Souterraine Express ou MUSE) ;
- la réutilisation de la petite ceinture sud de Boulevard Victor à Cité Universitaire et, éventuel-

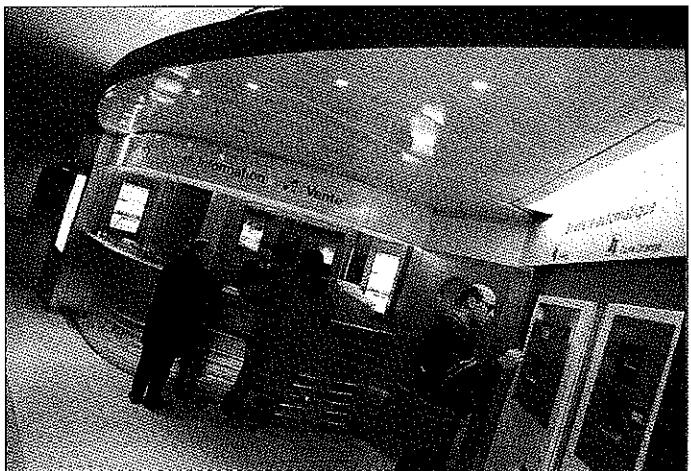
lement, jusqu'à Maison Blanche ;

- l'aménagement de radiales en proche couronne (Porte d'Aubervilliers-Université de Villetteuse, Villejuif-Orly/Juvy) ;
- la création, en couronne plus éloignée, de liaisons désenclavant des sites mal desservis (deserte du plateau de Saclay à partir de l'aéroport d'Orly en direction de Saint-Quentin-en-Yvelines notamment).

## RÉNOVATION DE CHATEAU DE VINCENNES

Dans le cadre de sa politique d'entretien et d'aménagements culturels, la RATP a entrepris la rénovation de la station Château de Vincennes.

Depuis le début du mois de juin, les nombreux voyageurs entrant dans ce terminus de la ligne 1 peuvent désormais disposer d'espaces d'accueil plus pratiques et plus conviviaux. Plusieurs aménagements techniques facilitent l'accès au transport : des distributeurs automatiques de titres de transport ont été installés, les lignes de contrôle ont été agrandies, un nouveau bureau de station plus convivial a été ouvert, un nouveau plan lumineux procure des renseignements sur les itinéraires.



RATP - COM/AV - B. Marguerite

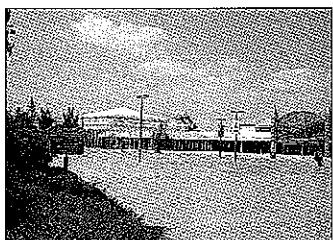
La station étant proche du château, plusieurs vitrines et grands panneaux en retracent l'histoire, depuis le rendez-vous de chasse alors situé dans la forêt de Bondy jusqu'à l'édifice actuel. D'autres vitrines montrent les fouilles archéologiques, quelques vitraux et le pavage de la cour du château. De grandes fresques sont, par ailleurs, consacrées au Vincennes d'aujourd'hui et aux Services historiques des Armées.

## CORRESPONDANCE TGV A EURODISNEY

Le 29 mai, le barreau d'interconnexion des TGV en Ile-de-France a été mis en service. Ce nouvel axe de 69 km relie ainsi

les lignes à grande vitesse Nord-Europe et Sud-Est.

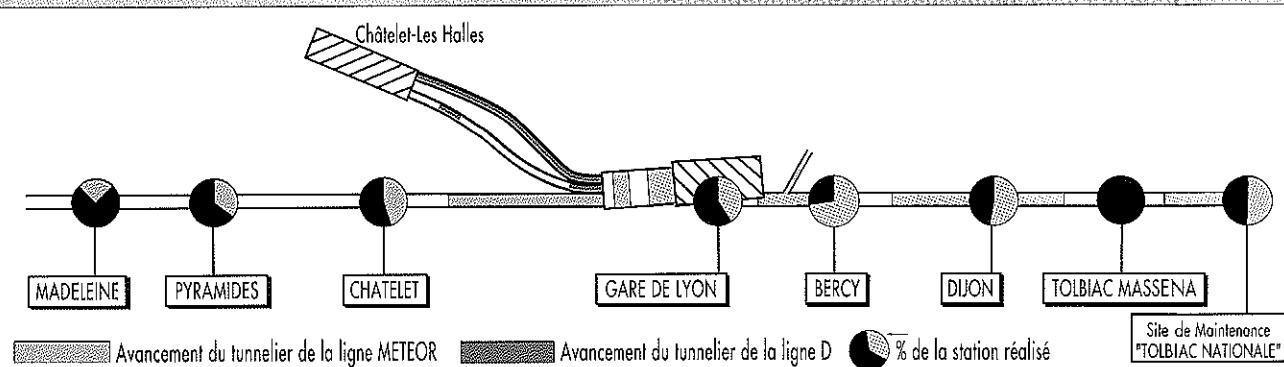
Deux gares se situent sur le tracé : Roissy, qui ne sera ouverte au public qu'en septembre, et Marne-la-Vallée-Chessy (Parc Disneyland). Dans cette dernière gare, seconde du genre après celle de Massy-Palaiseau, les TGV sont donc en correspondance directe avec les rames bleu-blanc-rouge du RER RATP.



RATP - COM/AV - J. Tricote

## MÉTÉOR : AVANCEMENT DES TRAVAUX

Les travaux de la nouvelle ligne de métro Météor sont entrés dans une phase active. Chaque trimestre, "Savoir-Faire" vous présente l'état d'avancement des travaux de génie civil, tant en ce qui concerne les tunnels que les stations. Le schéma ci-dessous montre cet état d'avancement au 31-05-94 et celui des tunnels SNCF de la ligne D du RER sous maîtrise d'ouvrage RATP.



## CAEN : UN "TRAMWAY" SUR PNEUS

*A Caen, dans le centre-ville, de nombreuses lignes de bus empruntent un tronc commun à la limite de la saturation. Cette situation provoque, en outre, une forte pollution. Il a donc été décidé d'implanter un système de transport en site propre respectueux de l'environnement.*

**E**n 1990, une étude de faisabilité confiée à SOFRETU révélait que la rentabilité d'un tramway serait difficile à atteindre. Les responsables de l'agglomération caennaise ont alors recherché un mode intermédiaire entre tramway et trolleybus.

A la suite d'un appel d'offres, le Syndicat mixte des transports en commun de l'agglomération caennaise a retenu la candidature du groupe Bombardier-Eurorail/ANF-Spie pour la conception, la construction et la réalisation d'un système de Transport sur Voie Réservée (TVR).

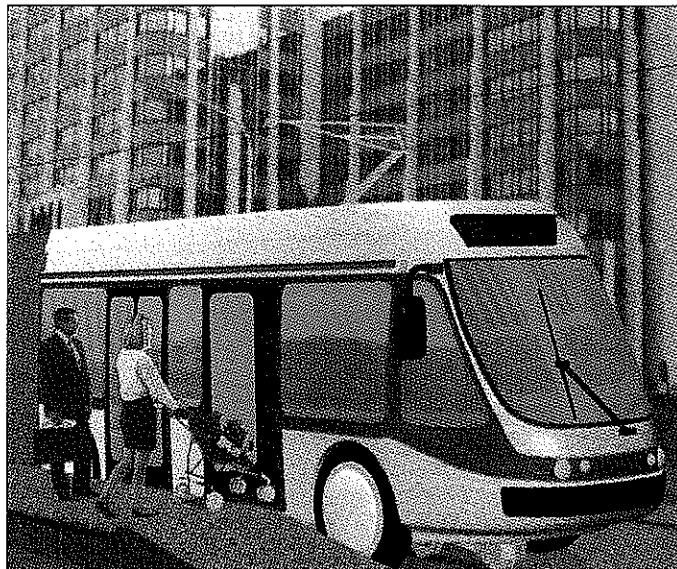
Le TVR est un système de transport mixte bus-tramway. Il peut donc se déplacer à la fois sur une chaussée et sur un rail. C'est en fait un véhicule sur pneus qui utilise un moteur alimenté au diesel ou à l'électricité (prise par pantographe ou perche). Il doit pouvoir également être guidé au sol par un rail central, ce qui oblige son implantation sur voie réservée.

Pourquoi un tel choix ? En février 1993, l'appel d'offres stipulait : véhicule électrique de grande capacité (150 places), accessibilité maximale avec plancher bas et nombreuses portes, système de guidage intégral avec roulement sur pneus et traction bimode pour s'extraire de son rail. Cette dernière exigence a été formulée dans un but économique : en cas de travaux de voirie, l'exploitation ne sera pas interrompue et l'infrastructure nécess-

aire en dehors du site d'exploitation, retour au dépôt par exemple, reste légère. De plus le TVR s'insère plus facilement en ville grâce à un rayon de giration de 12 m contre 60 m pour le tramway.

Le guidage présente un triple intérêt :

- il permet de tirer le meilleur parti possible d'un véhicule articulé à plancher bas de 25 m de long en le positionnant parfaitement par rapport au quai (lacune toujours inférieure à 3 cm) ;
- il facilite l'insertion urbaine, la largeur de l'emprise n'étant que de 6,10 m contre 8 normalement ;
- le rail de guidage constitue un obstacle réel interdisant aux autres usagers l'accès du site propre.



Document TRANSPORT PUBLIC

### Le projet

La ligne créée sera longue de 14 km environ suivant l'axe nord-sud de l'agglomération et desservira le centre-ville. Le coût de l'ensemble du projet s'élève à 800 millions de francs dont 170 pour les 20 véhicules, l'Etat participant à hauteur de 280 millions au maximum. La mise en service est prévue pour octobre 1998. Les prévisions de trafic annoncent une fréquentation de 6 000 personnes par heure, ce qui est bien supérieur à celle qu'aurait engendrée une ligne de bus.

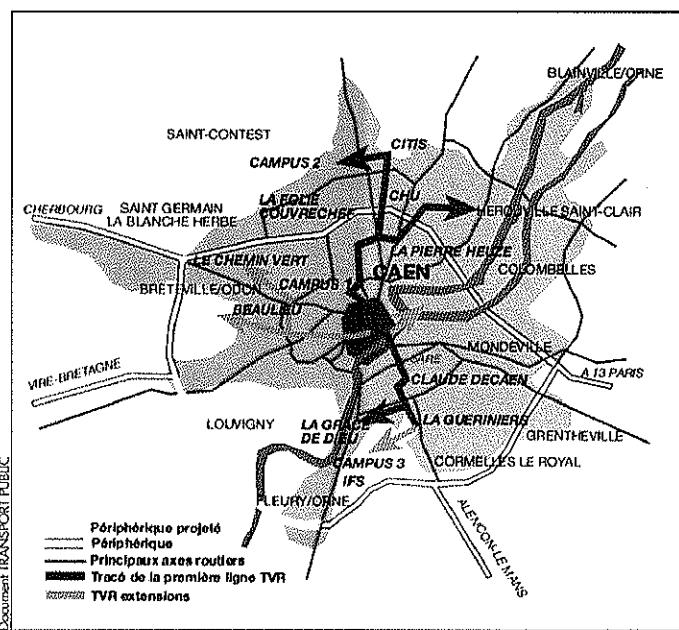
### Le matériel

La société Bruggeoise et Nivelles (BN) du groupe Bombardier-Eurorail a développé et expérimenté depuis plusieurs années le GLT (Guide Line Transport) à Rochefort, en Belgique. C'est ce matériel qui, rebaptisé GLT 2000, a été modifié pour répondre au cahier des charges de Caen.

De type articulé, il comporte 3 caisses pour une longueur de 24,50 m et 2,50 m de large. Son poids à vide est de 24,5 t. Ses 4 essieux directeurs lui permettent d'obtenir un rayon de giration de 12 m. La vitesse maximale est de 70 km/h avec une accélération de 1,2 m/s<sup>2</sup>. Il peut franchir une pente de 13%. Sa capacité est de 137 personnes à raison de 4 au m<sup>2</sup>. Le plancher est à 35 cm du sol sur toute la longueur du véhicule. La chaîne de traction électrique (asynchrone à moteurs triphasés) peut être alimentée par perches ou pantographes. Un moteur thermique arrière permet au véhicule de circuler en autonomie.

Le système de guidage se compose de deux galets s'appuyant sur le rail et relevables. Le GLT 2000 est équipé de deux paires de galets, placées chacune sur l'essieu extrême.

Source : Transport Public - Avril 1994



Document TRANSPORT PUBLIC

## STRASBOURG : LIVRAISON DU PREMIER TRAMWAY



*La première rame fabriquée en 18 mois par ABB est arrivée le 3 mai à Strasbourg en provenance de Grande-Bretagne pour y subir les premiers tests. La livraison coïncide avec la fin des travaux qui avaient débuté en 1991\*.*

**L**e constructeur en a réparti la réalisation dans quatre sites :

- Derby pour les études de la partie mécanique et la fabrication des bogies moteurs et porteurs ;
- York pour la construction des caisses, le montage de l'ensemble des équipements et les essais ;
- Vado Ligure (Italie) pour la fabrication de la plupart des équipements électriques comme les moteurs de traction refroidis par eau ;
- Milan (ABB Trazione) pour la coordination des études de la partie électrique.

Le constructeur a mis à la disposition de la Compagnie des Transports Strasbourgeois (CTS) une équipe d'ingénieurs et de techniciens chargés de la mise au point et de la maintenance préventive et corrective du matériel pour la première année de fonctionnement.

La rame a effectué le 1<sup>er</sup> juin "l'ouverture de ligne", un ensemble d'opérations visant à vérifier le bon fonctionnement des équipements. Mais ce n'est qu'après avoir effectué 15 000 km qu'elle sera définitivement réceptionnée par la CTS.

Les caractéristiques techniques requises étaient les suivantes :

- modularité permettant d'adapter la capacité à la demande,
- plancher bas intégral,
- porte de grande largeur (1,50m) pour optimiser les échanges en station,
- gabarit le plus large dans l'entreprise la plus réduite (2,40m),
- performances de motorisation

élevées, notamment pour franchir des rampes fortes, limitant ainsi la longueur des trémies,

- confort de premier ordre : chauffage, climatisation,insonorisation, transparence, aménagement intérieur,
- esthétique extérieure attrayante,
- optimisation des dispositions techniques pour réduire au minimum les temps de maintenance et les coûts,
- ergonomie poussée dans la conception de la cabine de conduite.

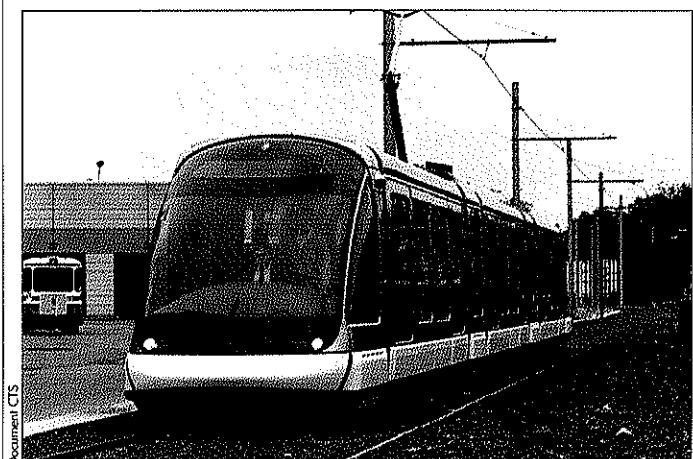
D'un aspect extérieur résolument futuriste, l'habitabilité de ce tramway n'en est pas moins exceptionnelle grâce à un plancher surbaissé sur toute sa surface sans aucun obstacle. Sur les bogies, les moteurs et les freins placés près des roues dégagent l'espace central qui est plat dans son intégralité. De plus, des palettes rétractables assurent l'accès aux fauteuils roulants. Pour abaisser les coûts de maintenance au maximum, la construction de la rame a été réalisée entièrement en aluminium. Les panneaux de caisse ainsi que les équi-

pements sont aisément démontables. Ce matériel modulaire permet de mettre en place des compartiments supplémentaires pour accroître la capacité d'accueil. A la mise en service à l'automne 1994, la fréquence de passage prévue sera de 4 minutes dans chaque sens. Un effectif de 100 personnes travaillera alors en permanence pour assurer l'exploitation de la ligne.

Le Conseil de la Communauté Urbaine de Strasbourg a approuvé à la fin du mois de mars le principe de l'extension de son réseau de tramway. Cette décision devrait aboutir à en doubler la longueur à l'horizon 2003 selon trois axes : vers le nord et les communes de Schiltigheim, Bischheim et Hœnheim ; vers l'est pour desservir le campus universitaire de l'Esplanade ; le dernier devant atteindre les quartiers de Neudorf et de Neuhof au sud-est. Le coût estimé de cette extension avoisine les 2 milliards de francs.

Source : Doc. CTS - La Vie du Rail 20/04/94

\*Voir Savoir-Faire N°9



Document CTS

## TOULOUSE : BILAN POSITIF POUR LE VAL



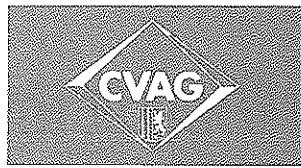
Entre juin 1993, date de lancement du métro, et juin 1994, les transports en commun toulousains ont enregistré plus de 50 millions de déplacements (+ de 33,5%). L'effet métro est à l'origine de ce regain d'intérêt des Toulousains pour leurs transports en commun. Mais il s'agit aussi du fruit de 4 années de travail pour réorganiser le réseau afin que les différents modes y connaissent une complémentarité totale.

La réorganisation a répondu à 3 préoccupations immédiates :

- réduire les temps de trajet et améliorer l'accès au centre-ville,
- améliorer l'offre en périphérie,
- optimiser les coûts d'exploitation.

L'arrivée du métro a conduit à repenser la fonction des lignes d'autobus et parfois leur trajet. 60% d'entre elles ont été modifiées afin d'assurer un bon rabattement vers le métro. Les fréquences ont été recalculées. Un système d'aide à l'information a été mis en place qui permet, en temps réel, de donner aux clients les horaires de départ de chacun des véhicules. La signature d'une convention quadripartite, SEMVAT-Région Midi-Pyrénées-SNCF-SMTC (Syndicat mixte des transports en commun de l'agglomération toulousaine), a permis d'uniformiser la tarification entre les différents modes. Pour répondre à cet engouement, il est prévu dès cette année d'accroître la capacité d'accueil des parcs de stationnement de dissuasion et de les rendre accessibles sur présentation du seul titre de transport. Pour la réalisation de la ligne B, une aide de l'État d'un minimum de 500 MF est prévue. Le coût prévisionnel de la ligne B, qui traversera Toulouse du nord au sud sur 12 km dont 2 km aériens, s'établit à 3,8 milliards de francs. Le début des travaux pourrait avoir lieu fin 1995 et la mise en service fin 1999.

## CHEMNITZ : "VARIOBAHN", LE TRAMWAY DE L'AVENIR



*Afin de procéder au remplacement de ses tramways Tatra, l'entreprise allemande de transports en commun de Chemnitz (CVAG) a commandé auprès d'ABB Henschel AG un nouveau type de tramway surbaissé et modulaire : le "Variobahn".*

**C**heznitz, ville allemande de 300 000 habitants, située dans le Land de Saxe, souhaite offrir à ses voyageurs une meilleure qualité de service pour les inciter à abandonner leur voiture en ville et utiliser les transports en commun.

Le prototype de ce matériel a été livré en début d'année, soit moins d'un an après la commande passée par CVAG. Un délai aussi court a pu être obtenu grâce à une restructuration de la fabrication chez ABB, ce qui est une première pour le constructeur.

Les principaux composants ont été fabriqués dans trois usines de ABB : les éléments électrotechniques à Mannheim, les groupes de traction à Siegen, les caisses à Berlin où a été effectué l'assemblage.

En raison du degré élevé de normalisation, les frais d'investissement et d'entretien doivent nettement diminuer par rapport à un matériel de métro léger de conception classique. Chaque matériel peut être modifié en fonction de la demande de l'exploitant : écartement de la voie, nombre de roues motrices, largeur de la caisse, etc. Les coûts d'infrastructure (voie et signalisation) sont ainsi nettement réduits. A Chemnitz, le "Variobahn"



Document ABB Henschel AG.

peut circuler sur le réseau conjointement avec le matériel Tatra.

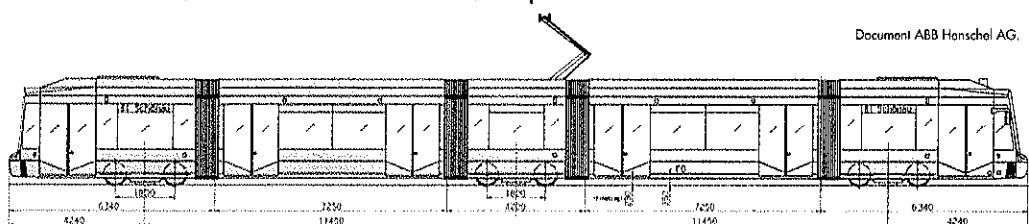
### Caractéristiques du matériel

Le "Variobahn", d'une conception entièrement nouvelle, fait appel à une technologie de pointe. Il présente des caractéristiques particulières liées à sa modularité. Ainsi, en cas de nécessité, une rame peut être composée différemment pour répondre à l'évolution de la demande, tandis que ses éléments peuvent être adaptés aux modifications techniques les plus récentes. ABB a mis au point une technique particulière : la motorisation sur le moyeu. La puissance étant directement transmise à la roue correspondante, tout élément de transmission (engrenage) a donc disparu. Il en résulte une construction plus compacte du véhicule, ce qui est un fac-

teur essentiel pour obtenir un plancher intégralement plat. Autre avantage, les coûts d'entretien et le poids de l'ensemble de l'unité motrice sont fortement diminués.

La composition de la version retenue pour les essais qui ont débuté au mois de février à Chemnitz est la suivante : module de tête avec cabine de conduite supporté par un ensemble moteur, module voyageurs, module central avec bogie porteur et pantographe, module voyageurs, module de traction et un module de queue supporté par un ensemble moteur. Dans ce cas de figure, le véhicule mesure 31 m de long, pour un poids de 30 t à vide. Il peut accueillir 88 voyageurs assis et 124 debout sur une base de 4 voyageurs au mètre. Le plancher plat sur toute la longueur est à 35 cm du sol et s'abaisse

Document ABB Henschel AG.



à 29 cm aux portes d'accès. A Chemnitz, le "Variobahn" circule sur une voie d'écartement de 1,435 m ; il peut atteindre une vitesse maximale de 70 km/h. Économique et non polluant, il répond non seulement à la demande de l'exploitant mais également à celle des voyageurs en leur apportant rapidité, confort et sécurité.

La cabine de conduite est équipée d'un microprocesseur de contrôle et d'un logiciel de diagnostic pour déceler les défaillances et intervenir au plus vite. Le conducteur est tenu informé en permanence par un écran où s'affichent aussi bien la vitesse qu'une éventuelle avarie. Le plancher plat en continu dégage un grand nombre de places dans le compartiment des voyageurs. La bonne accessibilité offerte par les portes facilite un échange rapide aux arrêts, ce qui favorise le respect des horaires. L'aménagement intérieur offre des sièges ergonomiques, de larges baies vitrées. Une signalétique claire est mise à la disposition du voyageur pour lui préciser à la fois la destination et la position de la rame sur le parcours. Un système de climatisation doté d'un économiseur d'énergie complète une ambiance agréable. Enfin, le niveau sonore à l'intérieur de la rame est réduit grâce au montage des moteurs sur les roues.

Notons que ce matériel a déjà été retenu par d'autres villes allemandes. Ainsi, l'une des entreprises de transport en commun de Mannheim a commandé deux véhicules de ce type et pris une option pour 4 éléments supplémentaires pour une ligne à voie métrique. La première livraison est prévue pour 1996. Ce matériel sera sensiblement différent de celui de Chemnitz puisqu'il sera seulement sur 70% de sa surface à plancher bas. Cela confirme bien la souplesse de fabrication du "Variobahn".

Source : *Der Nahverkehr* 4-94  
Documentation CVAG-ABB

# SHEFFIELD : CONSTITUTION D'UN RESEAU DE TRAMWAY

*Sheffield, agglomération du nord de l'Angleterre comptant 1,3 million d'habitants, a inauguré sa première ligne de tramway à la fin du mois de mars.*

**L**a construction du réseau qui comportera deux lignes d'une longueur totale de 29 km et 48 stations a débuté en août 1991. L'ensemble du projet dont le coût s'élève à 240 millions de livres (2 milliards de francs) est financé par le comté de South Yorkshire, la ville de Sheffield, le gouvernement britannique et grâce à des fonds privés provenant d'entreprises qui en tireront profit à hauteur de 6,5 millions de livres (55,2 MF). Deux compagnies issues du South Yorkshire Passenger Transport Executive ont la responsabilité du réseau :

- South Yorkshire Supertram Ltd 1 (SYSL1) chargée de la construction,  
- South Yorkshire Supertram Ltd 2 (SYSL2) bénéficiant d'une concession de trente ans pour l'exploitation du réseau.

Par ailleurs, ces deux entreprises assureront également la maintenance. Il est prévu que l'ensemble du réseau assure le transport de 7 millions de voyageurs au cours de la première année d'exploitation (1996). Ce nombre devrait s'élèver à 22 millions à partir de la deuxième année.

SYSL2 sera privatisée environ trois ans après l'ouverture définitive si le seuil de rentabilité fixé à 14 millions est effectivement atteint.

### Le réseau

La première phase concerne en fait la mise en service de la ligne 2 dont le tracé part du centre-ville (Fitzalan Square) en direction de Meadowhall Interchange au nord, où se trouve la gare d'échange avec le train et les

autobus. Cette ligne est longue de 7 km et dessert 13 arrêts ; elle traverse un ancien quartier industriel en cours de rénovation. Les principaux pôles de services sont le stade de Don Valley et le centre commercial régional de Meadowhall (9 000 emplois, 25 millions de visiteurs/an). Les autorités locales espèrent que le tramway sera un facteur de développement de ce secteur. La ligne est construite essentiellement en site propre et la moitié de son tracé réutilise une ancienne ligne de chemin de fer. La ligne 1, dont la réalisation est divisée en lots, a deux terminus au nord-ouest - Middlewood et Malin Bridge - et deux au sud-est - Herdings Park et Halfway dans le quartier de Mosborough. Le premier tronçon a été achevé en mai pour être mis en service cet été.

Le réseau est électrifié en 750 V courant continu, distribué par caténaire en cuivre de section 107 mm prévue pour des vitesses de l'ordre de 50 à 80 km/h. La caténaire est supportée soit par de simples poteaux

avec suspension cantilever, soit par des portiques souples à câble transversal en centre-ville.

### Le matériel

L'ensemble du matériel, soit 25 éléments, a été construit par DUEWAG du groupe SIEMENS. Portées par quatre bogies moteur, les rames articulées sont composées de trois caisses. Elles sont longues de 35 m et large de 2,65 m. L'accès des voyageurs se fait grâce à quatre portes à double battant par face placées sur les voitures d'extrémité. Une rame offre 88 places assises et 155 debout à raison de 4 voyageurs/m<sup>2</sup>. Particularité de plus en plus répandue, le niveau du plancher est à 45 cm du sol en regard des portes où des emplacements sont prévus pour les fauteuils roulants.

Sheffield est une ville au relief accidenté : plusieurs tronçons présentent des déclivités de l'ordre de 10%. Pour cette raison, tous les 8 essieux de la rame sont moteurs. La traction est fournie par 4 moteurs de 227 kW cha-

cun contrôlés par thyristors et fixés longitudinalement. L'accélération maximale est de 1,3 m/s<sup>2</sup>.

Le système de freinage Knorr-Bremse (Allemagne) est mixte : freinage principal rhéostatique électrique avec récupération, freinage pneumatique pour le stationnement. Le freinage normal est de 1,5 m/s<sup>2</sup> avec un freinage d'urgence de 3 m/s<sup>2</sup>.

### L'exploitation

SYSL2 a prévu une fréquence de 6 à 7 minutes sur l'ensemble du réseau aux heures de pointe et de 10 minutes aux heures creuses. Le service est assuré de 6h 00 à minuit en semaine. Pour faciliter sa circulation, le tramway bénéficie de la priorité aux feux. Le trajet s'effectue en 16 minutes sur la ligne 2.

Une partie des appareils de vente et de validation des titres de transport est fabriquée par Abberfield Technology (Australie). Ces appareils se trouvant sur les quais de station, il faut donc valider le billet avant de monter en voiture.

D'autres appareils ont été fournis par Wayfarer (Grande-Bretagne) pour la vente au détail ou par carnet de 10 unités par le personnel : la valeur est imprimée sur le billet au format d'une carte de crédit qui n'est utilisable que sur le Supertram.

Source : International Railway Journal 4/94





## LONDRES : UN AUTOBUS À PLANCHER BAS

Fabriqué par Dennis Specialist Vehicles à Guildford en Grande-Bretagne, un autobus à plancher bas circule depuis le mois de février sur la ligne I20 Hounslow - Northolt du London Transport. Long de 11,5 m, le "SLF LLW" comporte deux portes latérales, une à l'avant et une centrale à deux battants. Il bénéficie d'une hauteur de seuil de 32 cm qui peut être ramenée à 24 cm par "agenouillement". Une rampe d'accès se déploie pour combler l'écart existant entre l'autobus et la bordure du trottoir. Il n'y a pas d'autres marches.

A Londres, les personnes se déplaçant à l'aide d'un fauteuil roulant voyagent gratuitement dans les autobus. Elles peuvent donc accéder directement par la porte centrale en appuyant simplement sur un bouton qui se trouve en bas de caisse pour prévenir le machiniste qu'il mette en œuvre le mécanisme. Ce dernier peut contrôler l'ensemble de l'opération par un circuit de télévision intérieur.

Le premier avantage est bien entendu une meilleure accessibilité pour les voyageurs souffrant d'un handicap physique : les fauteuils peuvent être fixés en quelques secondes le long de la paroi latérale avec l'aide d'une tierce personne.

Le plancher est entièrement plat à l'avant du véhicule ; seules deux petites marches, rendues néces-

saires pour dégager l'essieu et les organes mécaniques, permettent l'accès intérieur à l'arrière.

Les parents de jeunes enfants ou les usagers chargés d'objets encombrants apprécieront également cet accès plus large et plus facile.

L'exploitation du service s'en trouve améliorée. Grâce au mécanisme d'"agenouillement" qui semble performant, les horaires sont mieux respectés car les temps d'arrêt sont diminués ; il en résulte aussi une économie de consommation du carburant. La commande globale des 68 véhicules s'élève à 8 millions de livres (68 MF), ce qui représente un surcoût unitaire de 15 000 livres (127 500 F) par rapport à un autobus standard.

Source : BUSES 3-6/94

## BALTIMORE : PROLONGEMENT DU METRO

Mass Transit Authority (MTA) exploite depuis 1983 l'unique ligne du métro de Baltimore, dans l'état de Maryland, aux Etats-Unis. Cette ligne de 22,4 km comportant 12 stations a connu en 1987 un premier prolongement de 9,750 km vers le nord. Depuis 1989, un deuxième prolongement a été entrepris sur 2,4 km.

Cette extension part de "Charles Center" pour desservir en quelques minutes deux nouvelles stations, "Shot Tower/Market Place", et

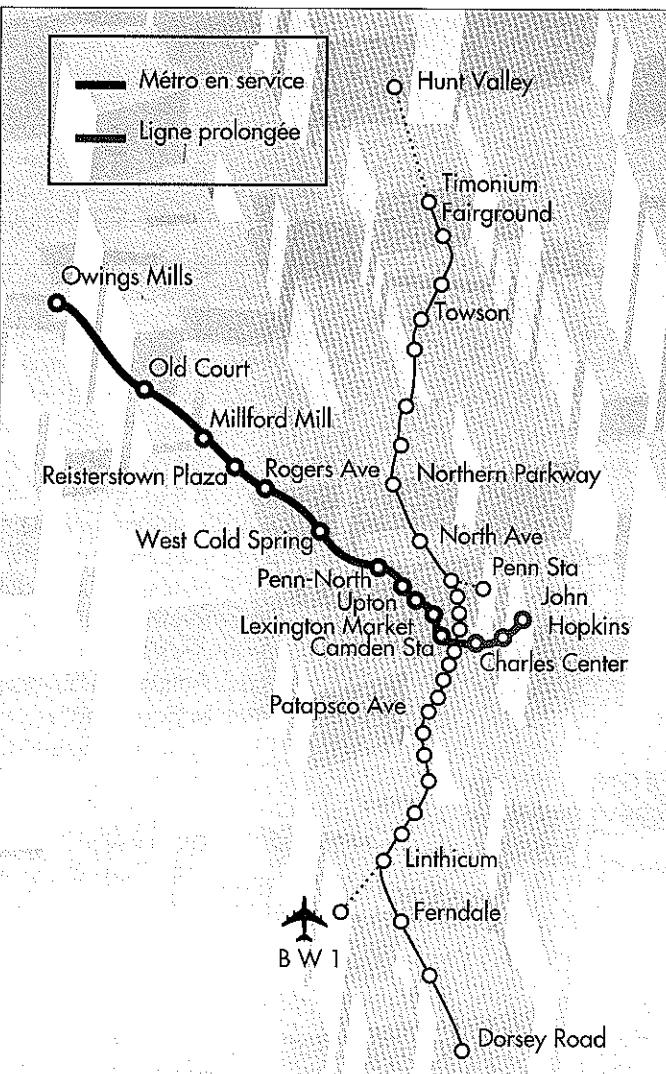
"Johns Hopkins Hospital" vers le nord-est.

Le style des deux entrées de la station "Shot Tower" s'intègre dans le quartier historique. Il s'agit en fait d'une station que pourront apprécier à la fois les habitants pour se rendre dans le quartier commerçant et les touristes pour découvrir la ville. Longue de 200 mètres y compris les deux puits de ventilation à chaque extrémité, et large de 17 m, elle est à 17 m de profondeur. La station "Johns Hopkins Hospital" est construite sous Broadway, à proximité du dôme de l'entrée de l'hôpital. Renommé pour la qualité de sa recherche médicale, cet hôpital est un atout majeur pour Baltimore et aussi le plus grand employeur de la ville. Cette station comporte également deux accès dont un, direct, par

un passage souterrain vers l'ensemble du complexe hospitalier. Les dimensions globales de cette station sont d'environ 285 m de long y compris l'ouvrage de retournement des trains. L'ensemble mesure 17 m de large et se situe à 23 m de profondeur.

Afin de construire ces deux grandes stations relativement profondes, de nombreuses canalisations (eau, gaz, électricité) ont dû être déplacées. De plus, la circulation a été déviée et des voies de circulation ont été neutralisées. Une signalétique a été mise en place pour informer tous les usagers des contraintes qui leur étaient imposées.

Par ailleurs, en février 1993, la rénovation du système de commande centralisée de l'ensemble de la ligne avait été confiée à Axyal Corp., filiale de Syseca, du



# NOUVELLES ETRANGER

groupe Thomson-CSF aux Etats-Unis. L'ensemble sera opérationnel à l'ouverture du nouveau tronçon dans le courant de l'été, ce qui facilitera le transport des 44 000 voyageurs quotidiens.

Source : Documentation MTA

## FLORENCE : UN SUPPORT PUBLICITAIRE D'UN NOUVEAU GENRE

Document ATAF



Le réseau d'autobus de Florence, agglomération italienne de 720 000 habitants, compte 60 lignes sur lesquelles circulent plus de 500 autobus dont 450 de type standard. Depuis le mois de mars, l'ATAF, entreprise florentine des transports en commun, a transformé ses autobus en support publicitaire d'un nouveau genre. Une centaine d'autobus ont été réservés à cet usage pour susciter la curiosité de tous dans les rues de Florence.

Les parois latérales peuvent être intégralement couvertes d'un dessin gai et coloré. Il ne s'agit pas d'une publicité quelconque car elle se caractérise par :  
- un message publicitaire décoré intégralement et "exagérément" grand,  
- sa mobilité,  
- sa durée qui peut atteindre une année ; dans ce dernier cas, le message peut être renouvelé ou changé.

Le décor est réalisé sur une pellicule adhésive à haute définition des couleurs, sur les deux côtés et à l'arrière de l'autobus, ce qui offre une superficie totale de 30 m.

A cette première idée peuvent s'ajouter depuis le mois d'avril 3 autres messages, conçus respectivement par :

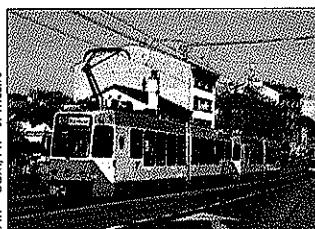
- l'AVIS, association des donneurs de sang bénévoles italiens, dont le thème est une campagne sociale à l'intention de la population pour compléter ses autres appels et l'impact d'un vidéobus ;

- une association de jeunes artistes dépendant de l'Instruction Publique de la commune de Florence, qui diffuse l'œuvre de l'un d'entre eux, dans le prolongement de l'action entreprise par l'ATAF visant à promouvoir "l'Art en mouvement" grâce aux transports ;  
- la société 3M, productrice des produits adhésifs utilisés pour la réalisation de cette campagne.

Source : documents ATAF

## LES TRANSPORTS PUBLICS GENEVOIS (TPG) ET LES TRANSPORTS ANNEMASSIENS COLLECTIFS

RATP - COM/AV - J. Tricotte



Ils ont lancé, au début de l'année 1994, un ticket commun utilisable sur les réseaux des deux villes. Un accord de coopération a été signé entre le SIVOM de l'agglomération d'Annemasse et les TPG. Il a permis d'aboutir à un titre de transport commun valable 90 minutes sur le réseau urbain genevois et sur les bus d'Annemasse. Vendu des deux côtés de la frontière, ce nouveau titre de transport combiné coûte 13 FF (ou 3,50 FS). TPG et TAC proposent également un abonnement combiné mensuel couvrant les deux réseaux. Il coûte 300 FF (ou 83 FS). L'accord signé entre les TPG et les TAC ne se limite pas à l'aspect tarifaire, les deux partenaires ayant également décidé d'unifier leurs horaires.

Source : Transport Public 2/94

Pour compléter votre information, vous trouverez dans les derniers numéros de la Revue Générale des Chemins de Fer :

### - Avril 1994 :

- "LA CONCEPTION ASSISTÉE PAR ORDINATEUR DES TRAINS DU MÉTRO À LA RATP, CADHOR MÉTRO", par René Bertocchi.
- "LES VOIES FERRÉES DE MÉTRO ET LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT EN MILIEU TRÈS URBANISÉ", par Henri Clément.

### - Mai 1994 :

- "LA VOITURE DE MESURE DE LA GÉOMÉTRIE DE LA VOIE DE LA RATP", par Philippe Renaux et D. Bergeon.
- "RATP : CARTES À MICRO-PROCESSEURS DU DOMAINÉ MÉDICO-SOCIAL", par Jean-Louis Boretti.

## DEMANDE D'ABONNEMENT À LA REVUE "RATP SAVOIR-FAIRE"

NOM : .....

PRÉNOM : .....

ENTREPRISE OU ORGANISME : .....

ADRESSE : .....

Prix de l'abonnement 1994 : 200 FRF (France et étranger)

Cette commande d'abonnement ne sera prise en compte qu'accompagnée de son règlement en francs français à l'ordre de la RATP (les frais de transaction bancaire liés au paiement libellé en devises étrangères sont à la charge du demandeur).

Elle est à renvoyer à l'adresse suivante :

**RATP**  
Département de la Communication Publique  
Médiathèque - Revue "Savoir - Faire"  
8, avenue des Minimes  
F 94300 VINCENNES

Date : ..... Signature : .....

En application de la loi 78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés, nous informons les souscripteurs d'abonnement que les données recueillies ci-dessus feront l'objet d'un traitement informatique et ne seront utilisées qu'à seule fin d'expédition de la revue. Tout abonné désirant accéder à l'extrait de fichier le concernant et rectifier éventuellement les informations qu'il contient doit s'adresser à l'Unité Médiathèque du Département Communication publique de la RATP, seule destinataire des données et utilisatrice du fichier.