

# SAVOIR *faire*

N°4 - 4<sup>ÈME</sup> TRIMESTRE 1992

**DE BOBIGNY  
À SAINT-DENIS :  
LE TRAMWAY A  
TROUVÉ SA VOIE**

**ENVIRONNEMENT DU TRANSPORT :  
LA ROBOTIQUE AU SERVICE  
DU NETTOIEMENT**

**ÉCONOMIE DES TRANSPORTS :  
LE COÛT DES DÉPLACEMENTS  
POUR LA COLLECTIVITÉ**

**L'AUDIT DE SÛRETÉ  
DE FONCTIONNEMENT :  
UNE FONCTION NOUVELLE  
DANS L'ENTREPRISE**

RATP



Revue trimestrielle éditée  
par la Régie Autonome des Transports Parisiens  
53 ter quai des Grands-Augustins - 75271 Paris Cedex 06  
ISSN : 1168-3392



# É D I T O R I A L

L'année 1992 a été riche en événements : ouverture de deux prolongements ferroviaires (ligne 1 du métro à Grande Arche de La Défense, ligne A du RER à Marne-la-Vallée - Chessy), mise en service, en deux étapes, du tramway Saint-Denis - Bobigny, restructuration du réseau d'autobus dans le nord des Hauts-de-Seine et de la Seine-Saint-Denis... pour ne citer que ceux qui touchent directement le voyageur de l'Île-de-France, et qui facilitent ses déplacements.

En effet, une des priorités de la RATP réside dans sa capacité à répondre aux attentes des voyageurs. C'est d'ailleurs la raison d'être de tout organisme public de transports en commun.

L'entreprise l'a encore réaffirmé en novembre dernier, en organisant les premiers "Etats Généraux des Voyageurs" et en participant au Forum "Innovations du Service Public".

Mais les activités de la RATP ne se limitent pas au domaine du "visible". Exploitants et techniciens travaillent quotidiennement à l'amélioration de la sécurité, des performances, du confort, de l'environnement du transport. Economistes, financiers, gestionnaires veillent constamment à la maîtrise des coûts... Tous conjuguent ainsi leurs efforts pour que les progrès technologiques génèrent un service de la plus haute qualité possible et profitent à chaque voyageur.

Savoir-Faire continuera à rendre compte régulièrement dans ses colonnes de la compétence et du professionnalisme des agents de l'entreprise.

Bonne lecture... et **bonne année 1993 !**





4

## DE BOBIGNY À SAINT-DENIS : LE TRAMWAY A TROUVÉ SA VOIE

*From Bobigny to Saint-Denis: The Tram Finds its Way*

*Von Bobigny nach Saint-Denis: die Straßenbahn hat ihre Linie gefunden*

*Desde Bobigny hasta Saint-Denis: el Tramvía ha encontrado su carril*



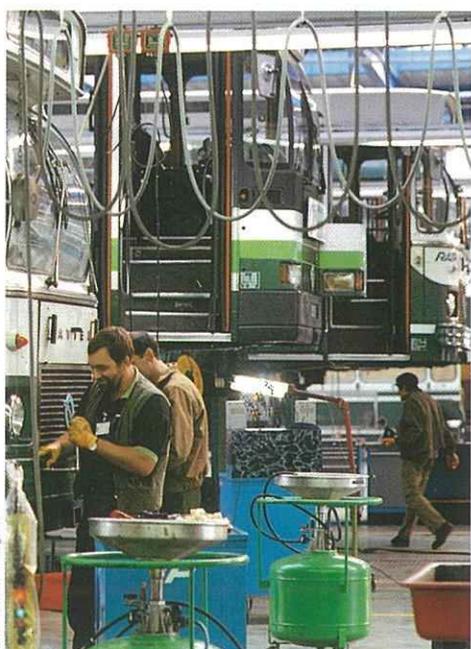
12

## ÉCONOMIE DES TRANSPORTS : LE COÛT DES DÉPLACEMENTS POUR LA COLLECTIVITÉ

*Economy in Transportation:  
Trip Cost for a Collectivity*

*Transportwirtschaft:  
Der durch die Allgemeinheit  
betrachtete Fahrpreis*

*La economía de los transportes:  
el costo para la colectividad del  
transporte de viajeros*



19

## L'AUDIT DE SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT : UNE FONCTION NOUVELLE DANS L'ENTREPRISE

*Dependability Auditing:  
A New Function in the Company*

*Betriebssicherheitsaudit:  
eine neue Funktion in der Firma*

*La asesoría de la seguridad operacional:  
una función más en la empresa*



25

## ENVIRONNEMENT DU TRANSPORT : LA ROBOTIQUE AU SERVICE DU NETTOIEMENT

*Robotics: An Asset in the Reform of  
Cleaning Activities*

*Robotereinsatz: ein Trumpf für die  
Reform auf dem Reinigungssektor*

*La robótica: un éxito para la reforma de  
la limpieza*



RATP - COMAV - F. Cahrol

31

## NOUVELLES DE LA RATP

- Les États Généraux des Voyageurs
- PREDIT :  
pour les transports terrestres de l'an 2 000
- Plus d'espace à la station Riquet
- Bientôt des rames à étage sur le RER
- Ligne A :  
arrêt des trains à Bussy – Saint-Georges
- Sorties mécanisées à Buzenval et Boucicaut
- Exploitation du réseau bus
- Baromètre trafic et services



RATP - COMAV - G. Galland

35

## NOUVELLES DE FRANCE

- Strasbourg :  
un tramway de conception originale
- Marseille : extension du métro à La Timone



36

## NOUVELLES DE L'ÉTRANGER

- Duisburg :  
un tunnel pour le métro léger
- Karlsruhe :  
interconnexion métro léger/réseau régional
- Londres : un nouvel autobus à étage
- Los Angeles : l'écologie urbaine en vedette
- San Francisco : les 20 ans du BART
- Singapour :  
16 km de métro supplémentaires



**DE BOBIGNY À SAINT-DENIS :  
LE TRAMWAY A TROUVÉ SA VOIE**

Si vous êtes passé (parfois avec difficulté) par la RN 186 pendant la construction de la ligne de tramway, vous avez pu remarquer les différentes phases de travaux : tout d'abord modification de la voirie et terrassements, ensuite réalisation de la plate-forme et pose de la voie, pose de la ligne aérienne de contact puis équipement des stations, et enfin installation du mobilier urbain et aménagements paysagers.

Cet article, consacré particulièrement à la description de la voie, est un hommage à tous les "poseurs de rails", dont le métier demande un "savoir-faire" qui ne s'acquiert qu'après de nombreuses années de dur travail.

**FROM BOBIGNY TO SAINT-DENIS:  
THE TRAM FINDS ITS WAY**

If you took (and sometimes with what difficulty) the RN 186 during the construction of the tramway, you probably noticed the different work phases: first, the modification of the road and banking, next the construction of the road-bed and the placing of the tracks and overhead wires, then the fitting out of the stations and finally, the installation of urban equipment and landscaping.

This article, devoted especially to the description of the track, is a tribute to all the "track layers", whose trade calls for a great deal of know-how acquired only after many years of hard work.

**VON BOBIGNY NACH SAINT-DENIS:  
DIE STRASSENBAHN HAT IHRE LINIE GEFUNDEN**

Falls Sie während des Baues der Straßenbahnlinie auf der RN 186 gefahren sind (zwar manchmal unter erschwerten Bedingungen), so haben Sie die unterschiedlichen Bauphasen erkennen können: zu Beginn die Modifikation der Linienführung und die Erdarbeiten, anschließend die Vorbereitung des Planums und Verlegung der Gleise, das Ziehen der Oberleitung sowie die Einrichtung der Stationen; zum Ende dann das Anbringen oder Installieren der städtischen Ausrüstungsgegenstände und die abschließenden Landschaftsgestaltungsarbeiten.

Dieser, besonders der Linien-Beschreibung gewidmete Artikel würdigt die Verdienste aller "Gleisverleger", denen der Beruf Höchstleistungen abverlangt und welche sich erst nach vielen Jahren schwerer Arbeit auszeichnen.

**DESDE BOBIGNY HASTA SAINT-DENIS:  
EL TRAMVIA HA ENCONTRADO SU CARRIL**

Quizás, al pasar (a menudo con dificultad) por la RN 186 durante la construcción de la línea del Tramvía, has podido darte cuenta de las diferentes etapas de la obra: en primer lugar, modificación de la red de comunicaciones y remoción de tierras, en segundo lugar construcción de la plataforma y tendido de la vía férrea, instalación de la línea de contacto aérea así como la instalación del mobiliario urbano y acondicionamiento y adornos del paisaje.

Este artículo, dedicado más particularmente al descriptivo de la vía, es un homenaje rendido a todas "los tendedores de rieles" cuyo oficio requiere en "savoir-faire" que sólo se adquiere al cabo de muchos años de duro labor.

**DE BOBIGNY À SAINT-DENIS**

# LE TRAMWAY A TROUVÉ SA V

par Bernard Sirand-Pugnet,  
Département des Infrastructures et Aménagements.



**Introduction, ou plutôt "impressions"**

Si pour vos déplacements quotidiens vous utilisez une des lignes de métro dites "aériennes" (principalement la Ligne 2 Nation-Dauphine et la ligne 6 Nation-Charles de Gaulle Etoile par Denfert) par opposition à la majorité du réseau souterrain, vous avez sûrement entendu les commentaires des touristes ou même des Parisiens, faisant état de leurs impressions, en regardant Paris vu d'en haut.

Maintenant, offrez-vous un parcours en tramway entre Saint-Denis et Bobigny puisque cela est possible depuis le 21 décembre 1992, et là vous aurez une impression très différente : au ras du sol, on est dans la ville, avec cette sensation de confort et de sécurité liée au transport ferroviaire.

En relisant les différents articles écrits pendant les trois années qu'ont duré les travaux de construction de la ligne, on a l'impression que le facteur temps a souvent été oublié, qu'à l'heure actuelle il suffit de décider pour avoir.

Je me souviens du reportage qui a eu lieu le matin du détournement de la ligne 4 (Porte d'Orléans - Porte de Clignancourt) par la nouvelle station "Les Halles" construite avec le Forum ; personne n'ayant pu suivre le déroulement du chantier souterrain, des gens disaient : "Ils ont refait la station pendant la nuit." Drôle d'impression, on ne doute plus de rien !

L'avantage d'avoir construit cette ligne de tramway à la vue de tout le monde a été de faire découvrir ce que représente un tel chantier comme quantité de travail et d'organisation.

Des travaux de terrassement, on en voit tous les jours, mais des travaux de pose de voie dans la rue comme décrits ci-après, il n'y en a plus beaucoup qui peuvent s'en souvenir.

**Le tramway : un choix mûrement réfléchi**

Modernisé, le tramway a fait son retour en Ile-de-France, après plus de cinquante ans d'absence. L'événement, célébré le 30 juin 1992 en ce qui concerne le premier tronçon "Bobigny - La Courneuve" (cf. "Savoir Faire" du 2ème trimestre 1992) puis le 18 décembre pour le reste du parcours jusqu'à Saint-Denis, est significatif : d'une part, il marque la volonté de la RATP de développer dorénavant une offre de transport de banlieue à banlieue en rocade de niveau élevé ; d'autre part, il traduit la reconnaissance générale de l'intérêt de ce mode, mis en évidence précédemment à Nantes et à Grenoble pour ne mentionner que les réalisations françaises.



Le terminus de Bobigny - Préfecture



# OIE



18/12/92 : inauguration du tronçon "La Courneuve - Saint-Denis"

Car le tramway moderne allie de nombreux avantages :

- pour le riverain, il est silencieux, non polluant et il s'accompagne d'une amélioration du cadre urbain (espaces verts, traitement cohérent de l'axe, mobilier urbain) ;
- pour le voyageur, il offre une bonne qualité de service tant en termes d'accessibilité (y compris pour les handicapés) que de vitesse et de régularité ;
- enfin, pour l'exploitant, il est économique, aussi bien en investissement qu'en dépenses d'exploitation.

Ces avantages, qui le rendent attractif pour tous, reposent sur deux éléments - le matériel roulant (cf. "Savoir-Faire" du 1er trimestre 1992) et la voie ferrée, établie en site propre - complétés par un système de commande centralisée avec priorité aux feux. Et la maîtrise de la pose de la voie est essentielle dans la concrétisation des avantages cités.



RATP - COMNAV - G. Dumak

La voie courante : rails encastrés et pavés de granit

18 km de voie simple avec voyageurs) auxquelles il convient d'ajouter 1 km de voie de service qui relie le terminus de Bobigny-Préfecture aux garages et ateliers d'entretien.

Le rayon minimal de courbe est de 25 m (voie de raccordement aux ateliers, avenue Youri Gagarine à Bobigny). La rampe maximale est de 6 % pour le franchissement des voies SNCF de la Grande Ceinture au Pont Repiquet. Le rayon de raccordement de profil est de 400 m. L'entraxe des voies en alignement est de 2,85 m ou de 3,10 m suivant la présence ou non des poteaux supportant la ligne aérienne de contact.

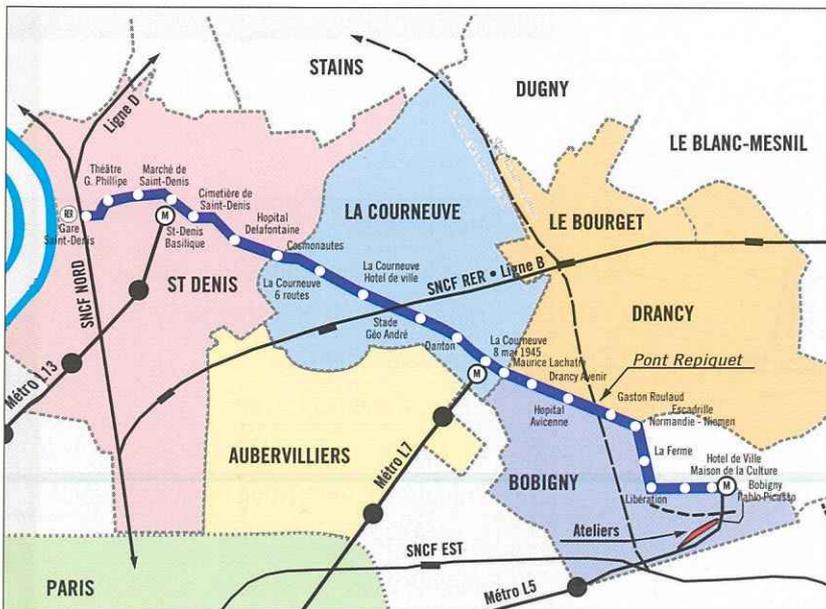
Il est à noter que les voies sont posées "à plat" (sans dévers) pour en faciliter la traversée.

Types de pose de voie  
Le Cabinet d'architectes Chemetov - Huidobro a été chargé par le Conseil Général de Seine - Saint-Denis de donner une unité de style à l'aménagement du site sur toute la longueur de la ligne. Selon sa proposition, les voies sont encastrées dans la chaussée, revêtue de pavés ou dalles de granit provenant de Louvigne-du-Désert en Bretagne. Cette disposition a imposé l'emploi d'un rail à gorge, le 35 G-TF à ornière étroite, pour minimiser les risques au niveau des traversées des carrefours et des voies piétonnes. Les pavés ou dalles en granit, de dimensions différentes, permettent d'adapter le revêtement aux divers sites urbains.

## 19 km de voie encastrée

Caractéristiques générales de la ligne

La ligne est située sur les communes de Saint-Denis, de La Courneuve, de Bobigny, et longe le sud de la commune de Drancy. De la gare de Saint-Denis RER à la Préfecture de Bobigny, le tracé se développe sur une longueur de 9 km de voies principales (soit



Une ligne construite "à la vue de tout le monde"

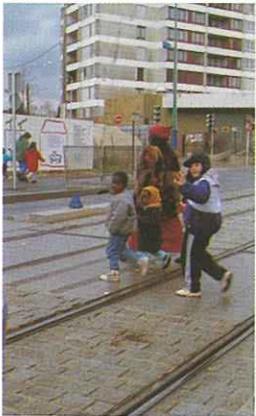


## De Bobigny à Saint-Denis



RATP - COMNAV - G. Dumax

Des pavés différents pour la traversée des carrefours...



RATP - COMNAV - G. Dumax

... et des dalles pour les passages piétons

Répartition des poses		
Pavés granit 14 x 20 x 6/8	69 %	site propre
Pavés granit 14 x 14 x 14	18 %	carrefours
Dalles granit 40 x 40	1 %	passage piétons
Pose antivibratile (tapis Sylomer)	6 %	zones sensibles
Pose antivibratile (Corkelast)	1 %	
Gazon	2 %	parc
Ballast	3 %	Pont Repiquet

Des revêtements particuliers ont été utilisés ponctuellement : béton bitumineux sur le passage sous la Grande Ceinture à Bobigny ou béton lavé sur la zone de la communication croisée à Saint-Denis...

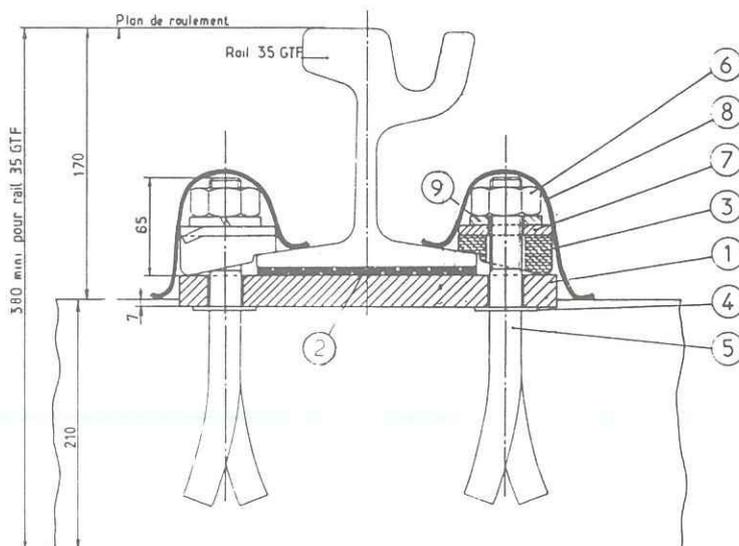
Pour l'écoulement des eaux, les rails sont percés dans le fond de la gorge et reliés aux caniveaux transversaux se déversant dans le système de drainage de la plate-forme.

Le rail à gorge 35 G-TF est posé avec interposition d'une semelle en caoutchouc sur des selles en acier moulé, fixées par tiges de scellement dans le béton armé de la plate-forme. Il est maintenu en place à intervalles réguliers (0,90 m en alignement - 0,75 m en courbe) par des crapauds isolants.



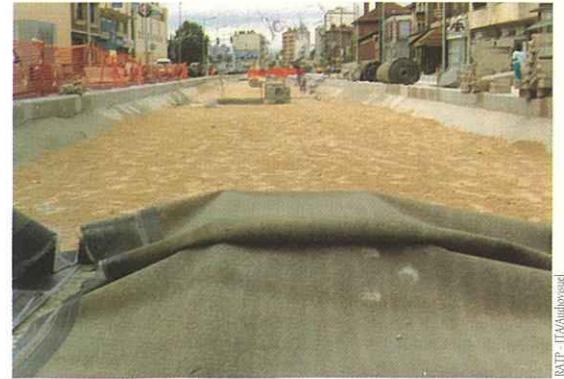
RATP - ITVA/Androsuel

Fixation du rail à gorge 35G-TF



Un tapis de 4 mm d'épaisseur (Testudo) posé sur la plate-forme et un produit bitumineux (Asfix) disposé autour du rail assurent un isolement électrique et l'étanchéité.

Dans les zones sensibles, la RATP a pris des dispositions particulières pour diminuer la propagation des vibrations, en ajoutant un tapis de 30 mm en mousse de polyuréthane (Sylomer).



RATP - ITVA/Androsuel



RATP - ITVA/Androsuel



RATP - ITVA/Androsuel

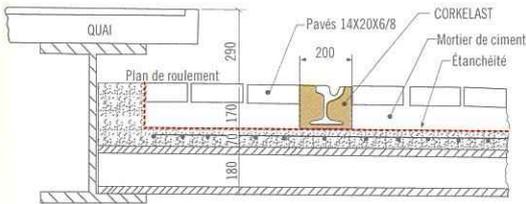
Tapis Testudo (en haut), produit Asfix (au centre) et tapis Sylomer (ci-dessus)

1	Semelle acier
2	Semelle en caoutchouc cannelée
3	Crapaud isolant en verre-époxy
4	Rondelle de montage
5	Tige de scellement acier
6	Écrou acier
7	Plaquette de répartition en acier spécial
8	Feutre de protection
9	Rondelle acier



Un nouveau matériau utilisé aux Pays-Bas a également été essayé : le Corkelast (composite de liège-polymère). Chaque rail, dépourvu d'attaches, est entièrement enrobé par ce produit. Outre ses qualités d'atténuation des vibrations et d'isolation, il permet d'avoir très peu de hauteur disponible sous le patin du rail.  
Employé pour la pose de voie sur le Pont du canal Saint-Denis, il n'a donc pas été nécessaire de toucher à l'étanchéité du pont.

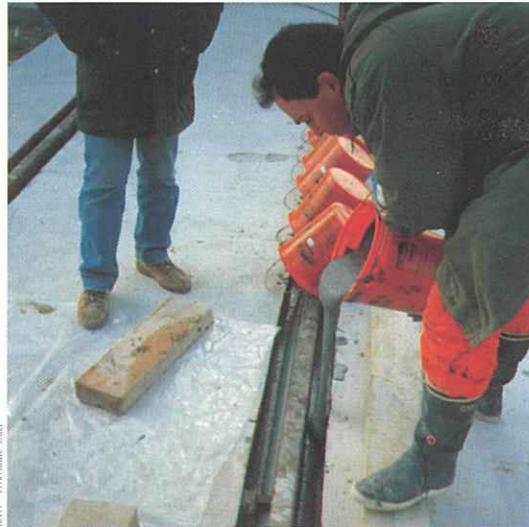
Coupe transversale



RATP - ITA/Androsval

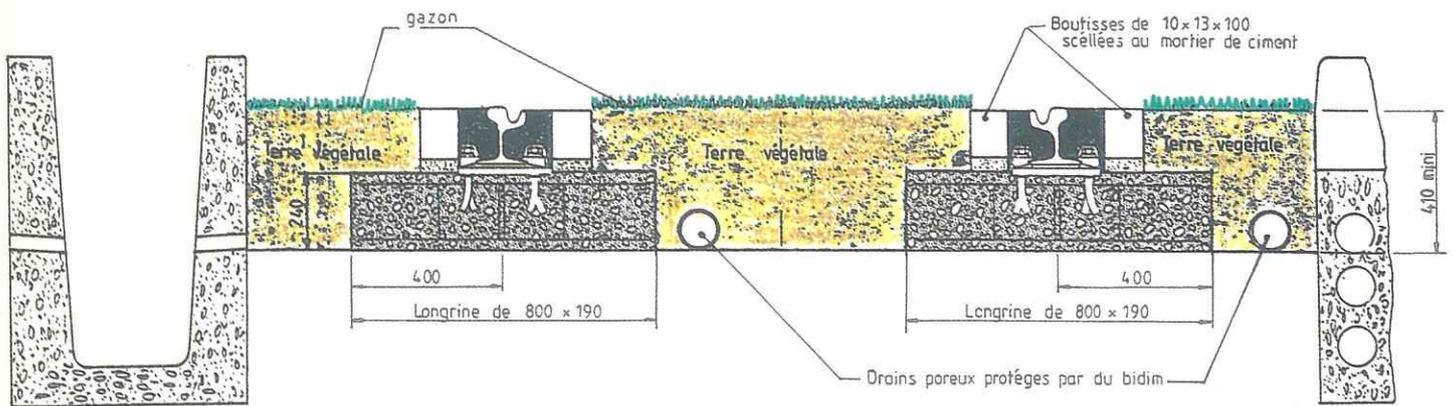


Pose avec utilisation de Corkelast :  
coupe et coulage du produit



RATP - ITA/Androsval

Dans le site du Parc de la Bergère (323 m de voie unique), les pavés ont été remplacés par de la terre végétale engazonnée. Des dispositions particulières ont été prises pour isoler le rail de la terre et, afin d'augmenter la quantité de terre, la dalle de béton sous voie a laissé place à deux longrines.



Pose avec revêtement de terre : coupe entre deux entretoises (ci-dessus), longrines (ci-dessous à gauche) et engazonnement (ci-dessous à droite)



RATP - ITA/Androsval

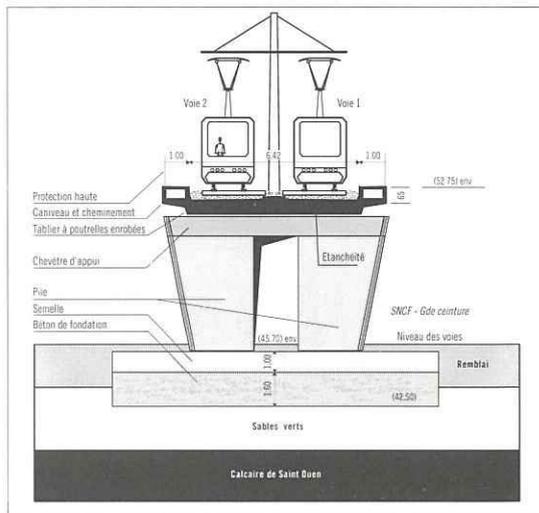


RATP - ITA/Androsval



RATP - COMNAV - A. Brouzet

Pose ballast sur le pont Repiquet



Coupe du pont Repiquet

La seule pose ballast sur la ligne (584 m) se situe sur le Pont Repiquet, spécialement construit pour le passage exclusif du tramway. Elle est équipée en rails V 52kg fixés sur des traverses biblocs.

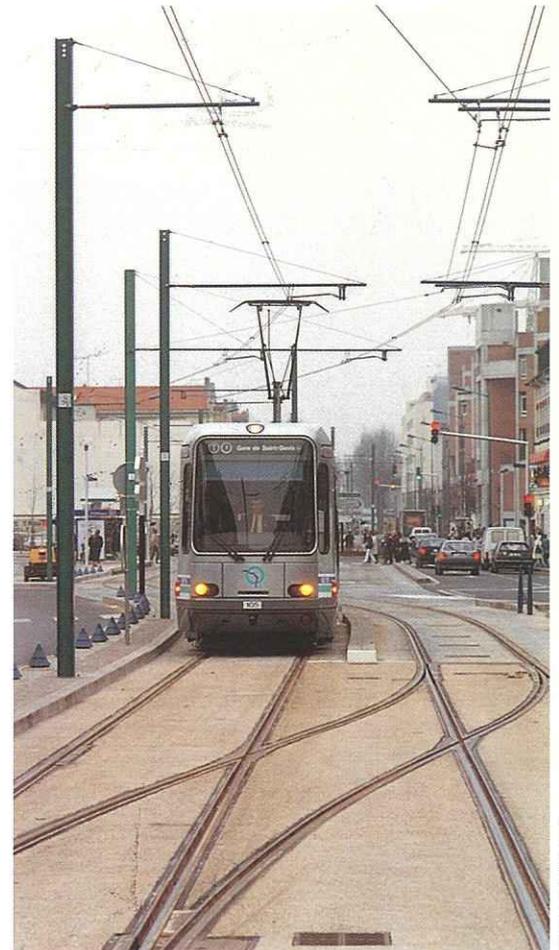
Bien que le tracé entre Bobigny et Saint-Denis soit assez rectiligne, il y a, à certains endroits, des courbes de faibles rayons (30 m) comme de part et d'autre de la station "Théâtre G. Philipe". Aussi, pour éviter le crissement des roues dans ces courbes, la table de roulement du rail de petit rayon a été usinée et rechargée à l'aide d'électrodes spéciales selon le procédé Electro-Thermit.

Les appareils de voie

La ligne comprend 11 appareils de voie tg 1/6 (10 communications dont 1 croisée et 1 branchement) fabriqués par la société Cogifer, en rail à gorge RI60 avec lames d'aiguilles flexibles et cœur à pointe monobloc (les appareils en 35 G-TF n'existaient pas encore, ce qui a obligé à installer des coupons de raccord RI60/35 G-TF).

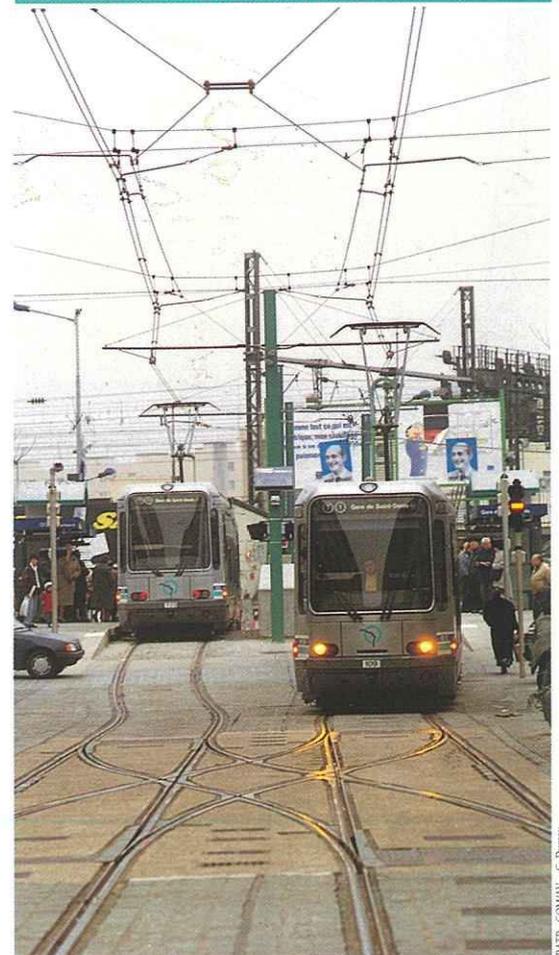
Ils sont tous équipés de boîtes de manœuvre manuelles encastrées dans la plate-forme, sauf trois aiguillages de la communication croisée de Saint-Denis qui est motorisée de façon à dégager plus rapidement le carrefour de la rue A. Delaune.

Exposés aux intempéries, tous ces appareils sont équipés d'un dispositif de réchauffage.



RATP - COMNAV - G. Dumas

Les appareils de voie : communication simple (ci-dessus) et communication croisée (ci-dessous)



RATP - COMNAV - G. Dumas



RATP - ITA / Audouard

Retouche du rail intérieur selon le procédé Electro-Thermit dans les courbes de faible rayon





1- Mise en place sur le fond de fouille et les parois verticales d'un matériau isolant protégé par un béton de propreté



2- Ferrailage du radier et coffrage



3- Mise en place des rails

Des photos "en pose"

La méthodologie employée par les deux entreprises de pose de voie qui ont travaillé sur ce chantier (Montcocol et SPIE) se résume comme suit :



4- Réglage altimétrique et planimétrique des rails (le tableau ci-dessous donne une idée de la précision demandée pour assurer un roulement le plus confortable possible)

Cote	Voie posée sur béton
<b>De tracé</b>	
Distance pour la file directrice au droit fil des repères	± 2 mm
Dressage* en alignement entre 2 repères, espacés de 50 m	± 1 mm
Dressage* en courbe	
- repères espacés de 10 m	± 1 mm
- repères espacés de 5 m	± 0,5 mm
<b>De nivellement</b>	
- Hauteur pour la file directrice en tout point	± 2 mm
- Dévers	± 1 mm
- Variation de dévers	0,3 mm par m
Variation de nivellement longitudinal	0,3 mm par m
<b>Ecartement</b>	
Largeur	± 2 mm
Variation	1 mm par m
<b>Travelage</b>	
Espacement entre attaches	± 30 mm

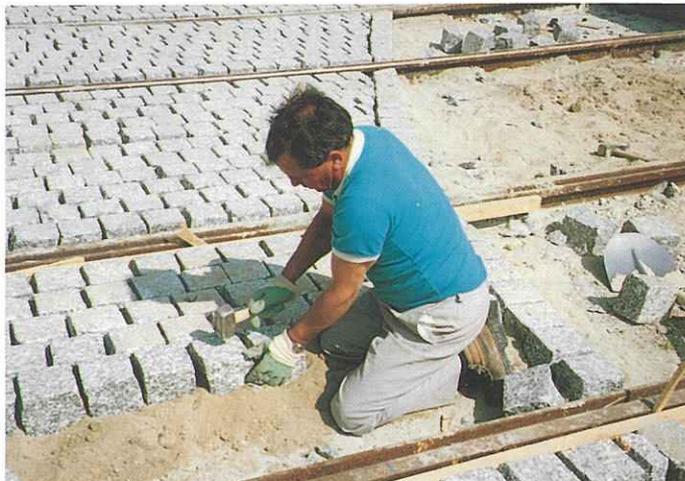
\* Dressage : positionnement du rail par rapport à la ligne théorique définie par le tracé.





RATP - ITM/Audiovisuel

5- Montage des attaches des rails des caniveaux transversaux et mise en place des gaines pour le câblage électrique au droit de certains carrefours



RATP - ITM/Audiovisuel

8- Réalisation de la couche de finition en pavés de granite



RATP - ITM/Audiovisuel

6- Soudage des rails



RATP - ITM/Audiovisuel

9- Application du produit isolant de part et d'autre du rail



RATP - ITM/Audiovisuel

7- Bétonnage du radier



RATP - ITM/Audiovisuel

10- Avant la marche à blanc, meulage des rails par une machine équipée de meules lapidaires (Speno) afin d'assurer un parfait retour du courant et une table de roulement sans défaut





RATP - COMNAV - J. Thibaut

Les voies de garage

**Maintenance : la qualité au quotidien**

Le complexe de maintenance - aires de garage et ateliers du matériel roulant - est situé à Bobigny.

On y accède par la voie de service en arrière-gare du terminus "Bobigny-Préfecture", laquelle emprunte l'avenue Youri Gagarine et traverse le Parc de la Bergère.

Un faisceau de 1500 m de voies sur ballast et de 375 m de voies sur béton ou sur fosse, de 18 branchements tg 0,25 et une communication croisée en rails V52 kg posés par la SGE Système Rail et l'entreprise Pichenet Bouille, permet le garage des 17 éléments (avec une extension possible à 22).

Deux voies sur fosse sont situées dans les locaux d'entretien du matériel de la ligne 5 du métro.

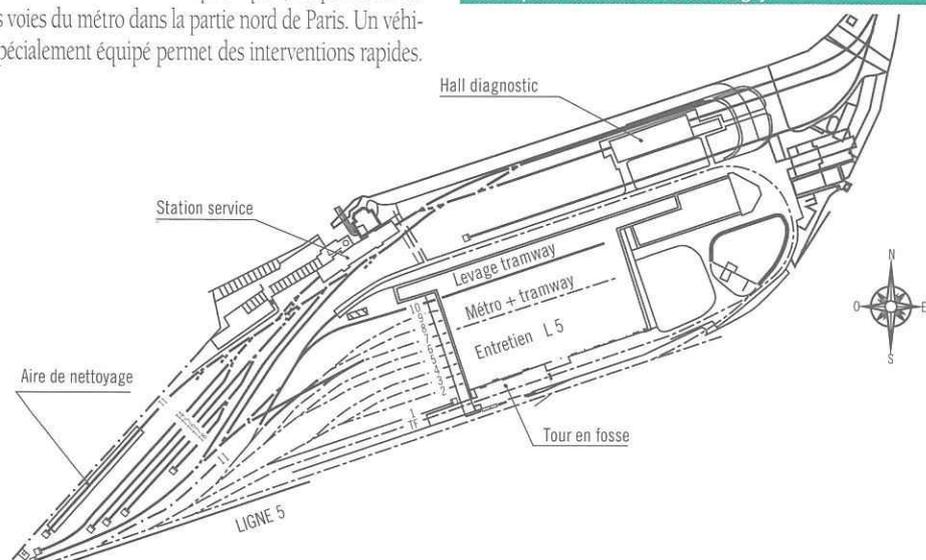
Ces installations sont complétées par un hall diagnostic, un bâtiment dans lequel sont situés la machine à laver mobile et le poste de charge des sablières, et une aire de nettoyage.

La maintenance des installations de voie est assurée par du personnel dépendant de l'attachement "République", responsable de l'entretien des voies du métro dans la partie nord de Paris. Un véhicule routier spécialement équipé permet des interventions rapides.



Flourens - Orléans / Perget

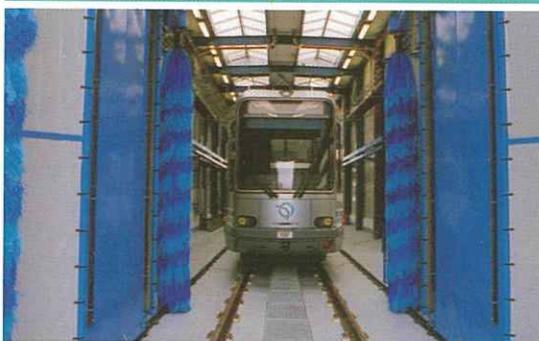
Le complexe de maintenance de Bobigny



RATP - COMNAV - G. Duran

... et les voies

**La machine à laver les trains...**



RATP - COMNAV - B. Marguerite



RATP - FAVOUX/BOUILLI

Le nettoyage de la plate-forme des voies, des pavés et des ornières est assuré en fonction des besoins afin de maintenir un état de propreté et de sécurité de bonne qualité, faisant en sorte que tous les utilisateurs de la ligne aient la meilleure impression possible de ce mode de transport "renouvelé".

Il est même déjà question d'un prolongement... le tramway est donc sur la Bonne Voie !

**Bibliographie**

- Jacques Veinberg : "Le tramway de Saint-Denis à Bobigny" - Revue Générale des Chemins de Fer - Dunod - Avril 1989.
- Jean-Pierre Galéa : "L'atelier de Bobigny de la RATP" - Revue Générale des Chemins de Fer - Dunod - Octobre 1989.
- François Chanier et Pierre Lemaréchal : "Le tramway Saint-Denis - Bobigny" - Revue de l'Association Française des Amis des Chemins de Fer - Numéro 413 - 1992/2.



**ÉCONOMIE DES TRANSPORTS :**  
**LE COÛT DES DÉPLACEMENTS POUR LA COLLECTIVITÉ**  
Lorsque l'usager évalue le coût de son déplacement, il n'en retient souvent qu'une partie : le carburant pour l'automobiliste, le prix du billet pour l'utilisateur des transports en commun. En revanche, le gestionnaire d'un système de transport se doit de considérer les coûts des déplacements dans leur globalité. Aussi, aux coûts directs (énergie, entretien, assurance...), convient-il d'ajouter des coûts indirects : bruit, pollution, congestion, accidents et consommation d'espace. L'article qui suit présente les résultats des derniers travaux effectués sur ce thème par le Département du Développement de la RATP.

 **ECONOMY IN TRANSPORT :**  
**TRIP COST FOR A COLLECTIVITY**  
When one evaluates the cost of a trip, one usually takes into account only a part of it: the petrol for a motorist, the ticket price for the public transport user. On the other hand, the manager of a transit system must consider the total trip cost. Therefore, to the direct costs (energy, maintenance, insurance...), he must add indirect costs: noise, pollution, traffic tie-ups, accidents, and use of space. The following article shows the results of the latest work concerning this theme carried out by the RATP's Development Department.

 **TRANSPORTWIRTSCHAFT:**  
**DER DURCH DIE ALLGEMEINHEIT BETRACHTETE FAHRPREIS**  
Indem der Fahrgast den Preis für seine Beförderung bewertet, bezieht er oftmals nur eine Partie in seine Überlegungen ein: Den Kraftstoff, den der Autofahrer benötigt und den Preis einer Fahrkarte für öffentliche Verkehrsmittel. Im Gegensatz hierzu muß der Geschäftsführer eines Transportunternehmens die Beförderungskosten in ihrer Totalität kalkulieren. So sollten ebenfalls die direkten Kosten (Energie, Unterhaltung, Versicherung...) den indirekten Kosten wie Lärm, Verschmutzung, Verkehrsandrang, Unfälle und Landschaftsnutzung zugeschlagen werden. Dieser Artikel bezieht sich auf die letzten Arbeitsergebnisse, die durch die Entwicklungsabteilung der RATP bezüglich dieses Themas erreicht wurden.

 **LA ECONOMIA DE LOS TRANSPORTES: EL COSTO PARA LA COLECTIVIDAD DEL TRANSPORTE DE VIAJEROS**  
Al calcular el costo de su traslado, el usuario suele tomar en cuenta una parte del gasto, por ejemplo el automobilista valora el precio del carburante, el viajero que utiliza los transportes colectivos se preocupa del precio del billete. Sin embargo, el gerente de un sistema de transporte debe considerar el costo de dicho transporte en su totalidad. Efectivamente, conviene agregar al costo concreto tal como la energía, el mantenimiento, los seguros, los gastos indirectos que constituyen el ruido, la contaminación del ambiente, los atascos de vehículos, los accidentes, la ocupación del espacio. El siguiente artículo presenta los resultados de las últimas investigaciones efectuadas por el Departamento del Desarrollo de la RATP, a este respecto.

## ÉCONOMIE DES TRANSPORTS

# LE COÛT DES DÉPLACEMENTS POUR LA COLLECTIVITÉ

par Pascal Auzannet et Adeline Bellaloum,  
Département du Développement.

### *La connaissance des coûts : une aide à la décision*

Les transports de voyageurs génèrent des coûts externes importants qui doivent être intégrés dans le calcul économique relatif aux projets d'investissement.

La mise en œuvre de l'efficacité économique et sociale suppose une bonne connaissance des coûts globaux de déplacements. Il convient de considérer les coûts directs (carburant, réparation, assurance...), mais aussi les coûts sociaux (bruit, pollution...) et les coûts de consommation d'espace (circulation et stationnement).

La prise en considération de l'ensemble de ces coûts répond aux préoccupations suivantes :

- favoriser les modes de transport les plus efficaces en tenant compte des caractéristiques des zones géographiques considérées (densité urbaine, population, emplois, taux de motorisation...);
- apprécier l'impact des choix d'investissements par rapport à une situation de référence ;
- optimiser l'affectation des ressources des différents agents économiques ;
- permettre au processus décisionnel de s'effectuer dans la transparence.

Si l'évaluation des coûts directs est relativement aisée, celle des coûts sociaux et de la consommation d'espace s'est avérée dès le départ difficile et donc controversée.

De nombreuses études ont cependant été réalisées, souvent à la demande des pouvoirs publics, et, au fil des ans, les évaluations ont pu se faire plus précises. Relancée avec l'adoption de la Loi d'Orientation des Transports Intérieurs (décembre 1982), ces études (1) ont connu de nouveaux développements avec l'intérêt croissant pour les problèmes écologiques exprimés notamment lors des consultations électorales en Europe, et bien sûr en France.

Par ailleurs, les contraintes budgétaires, accentuées par le ralentissement de l'activité économique, justifient, avant toute prise de décision en matière d'investissement, une analyse des alternatives possibles considérant l'incidence des projets sur les coûts financiers et économiques supportés par les collectivités publiques, condition indispensable pour une gestion optimale de leurs ressources.

L'objet de cet article est de présenter une estimation des différents coûts des modes de transport, en particulier ceux de la voiture

(1) voir bibliographie



# PLACEMENTS CTIVITÉ

particulière, sur la base des dernières études réalisées par l'Unité « Stratégie d'entreprise et économie des transports » du Département du Développement de la RATP.

## **Les coûts directs : trois fois plus de dépenses pour la voiture particulière que pour les transports en commun**

D'après la dernière actualisation du compte transport de voyageurs de la région d'Ile-de-France, le coût moyen d'un véhicule x km s'est élevé en 1990 à 2,24 francs, dont 0,68 franc de fiscalité (TVA, TIPP, vignette...). Ce coût inclut les dépenses de carburant, l'entretien, les réparations, l'assurance, les charges financières et l'amortissement du véhicule. Le kilométrage annuel effectué sur le territoire de la région d'Ile-de-France par l'ensemble des voitures particulières étant estimé à 46 550 millions, le coût économique direct hors fiscalité supporté par les automobilistes peut être évalué à 72 600 millions de francs et le rendement fiscal à 31 650 millions de francs.

La dépense économique globale relative aux réseaux de transports collectifs (métro, RER, autobus et trains de banlieue SNCF) a été estimée à 24 900 millions de francs hors fiscalité, cette dernière étant de 1 000 millions de francs.

Le financement de cette dépense a été assuré de la façon suivante (hors fiscalité) :

- voyageurs .....	7 550 MF
- employeurs (remboursement à 50 % des cartes hebdomadaires et orange (2) et transport de personnel) .....	2 250 MF
- autres financements (recettes publicitaires...) .....	900 MF
- financement public (État, collectivités locales, Région, Syndicat des Transports Parisiens) .....	14 200 MF

## **Les coûts indirects : un écart beaucoup plus grand**

Les coûts externes

A côté des avantages qu'ils procurent à la collectivité, les transports de voyageurs engendrent des nuisances (coût externes) importantes. Ce sont celles dues :

- au bruit,
- à la pollution atmosphérique,
- à la congestion de la circulation,
- aux accidents.

L'évaluation des coûts sociaux du bruit et de la pollution a été réalisée à partir de la méthode du coût d'évitement qui se fonde sur les dépenses à engager pour supprimer ou réduire les nuisances.

Il s'agit d'estimer un coût économique pour la collectivité en considérant que l'évitement des nuisances nécessite des dépenses d'investissements qui, du fait qu'elles ne sont pas effectuées dans le secteur productif, génèrent une dévalorisation de capital public.

L'évaluation résulte d'un calcul d'actualisation, c'est-à-dire qu'il est estimé un "cash flow" (revenu visant à rentabiliser un capital investi) annuel nécessaire pour équilibrer le coût d'évitement des investissements sur la base du taux d'actualisation préconisé par le Commissariat Général du Plan (8 %) auxquels sont ajoutés les coûts de fonctionnement (personnel, entretien...).

(2) non compris le versement de transport (6 959 millions de francs en 1990) perçu et géré par le Syndicat des Transports Parisiens.



## Économie des transports

D'autres méthodes, telle l'évaluation du coût des dommages, sont parfois préconisées. Elles n'ont été retenues que pour l'évaluation des coûts de la congestion et des accidents. Concernant ce dernier élément, le coût monétaire sera évalué à titre indicatif mais non intégré dans le coût global car le principe de la valorisation des tués et des blessés pose le problème moral de la valeur accordée à la vie humaine, auquel la science économique ne peut, à notre avis, apporter une réponse.

Dans les paragraphes qui suivent, les montants sont exprimés en francs 1990 et hors fiscalité.

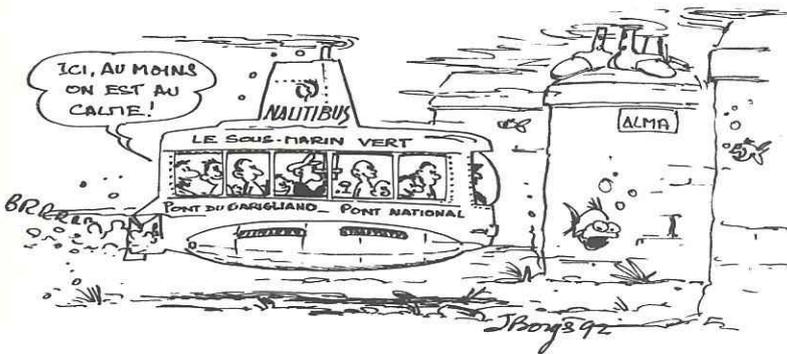
### ● Le bruit

La circulation routière est une source de bruit très importante. Une enquête nationale sur les nuisances a montré qu'à Paris, près de la moitié de la population est exposée à un niveau de bruit de plus de 65 dB(A) du fait des moyens de transport, tous modes confondus, alors que dans le reste de la région d'Ile-de-France, ce seuil n'est dépassé que pour un quart des habitants.

De nombreux travaux scientifiques ont mis en évidence depuis plusieurs années les effets du bruit sur l'homme : perturbation du sommeil, effets sur l'audition, risques de maladies cardio-vasculaires..., ceux-ci se traduisant notamment par un accroissement des dépenses de santé.



RATP - COMAV - R. Boy



La réduction des nuisances liées au bruit peut être obtenue par différentes techniques :

- une action à la source sur les véhicules.

Elle permet un gain de 5 dB(A) environ des émissions du véhicule, la norme d'émission actuellement en vigueur pour les voitures particulières étant de 77 dB(A). Le coût d'investissement s'élève à environ 5 % du coût moyen d'un véhicule, soit 0,05 franc par véhicule x km.

- une action sur les revêtements de chaussée.

L'enrobé drainant permet un gain de 5 dB(A). Son coût varie en fonction du nombre de voies. Il est de 1 500 000 francs pour 1 kilomètre de route à 2 voies (soit 7 mètres de large). Le coût par véhicule x km varie de 0,01 à 0,02 franc selon le nombre de voies et leur débit.

- une meilleure isolation des façades des bâtiments.

Cette isolation procure un gain de 15 dB(A) environ. La dépense moyenne par logement est de 15 000 francs. Le coût d'investissement est fonction du nombre de logements par kilomètre de voie. La durée de vie est fixée à 25 ans. Le coût par véhicule x km varie fortement en fonction des débits journaliers et selon la zone (Paris, petite couronne, grande couronne), d'un coût quasiment nul à 0,24 franc.

- la construction d'écrans anti-bruit.

Un gain de 10 dB(A) en moyenne est obtenu par cette technique. Le coût d'investissement s'élève à 12 millions de francs par kilomètre pour un écran de 3 à 4 mètres de haut, implanté de chaque côté de la voirie (6 000 francs par mètre linéaire), soit environ 2 à 3 % du coût de réalisation de 1 kilomètre de voirie (2 x 3 voies). La durée de vie retenue est de 50 ans. Les dépenses d'entretien (nettoyement, réparation de dommages) sont de 3 millions de francs par an et par kilomètre de voirie. Le coût total par véhicule x km fluctue, selon le débit, entre 0,07 et 0,16 franc.

La combinaison optimale des différentes techniques de réduction des nuisances sonores doit permettre de respecter les normes (60 à 65 dB(A)), à moindre coût, pour chaque type de voie et plus globalement par zone, compte tenu que pour chacune d'entre elles les techniques utilisées sont différentes.

Le coût d'évitement imputable à la voiture particulière s'établit alors par véhicule x km à :

- 0,16 franc à Paris (soit 0,12 franc par voyageur x km) ;
- 0,08 franc en petite couronne (soit 0,06 franc par voyageur x km) ;
- 0,06 franc en grande couronne (soit 0,05 franc par voyageur x km).

Les coûts exprimés en voyageurs x km sont obtenus sur la base d'un taux d'occupation moyen de 1,33.

Globalement, pour l'ensemble de l'Ile-de-France, le coût du bruit peut être estimé à 4 100 millions de francs, soit 0,24 % du PIB régional.

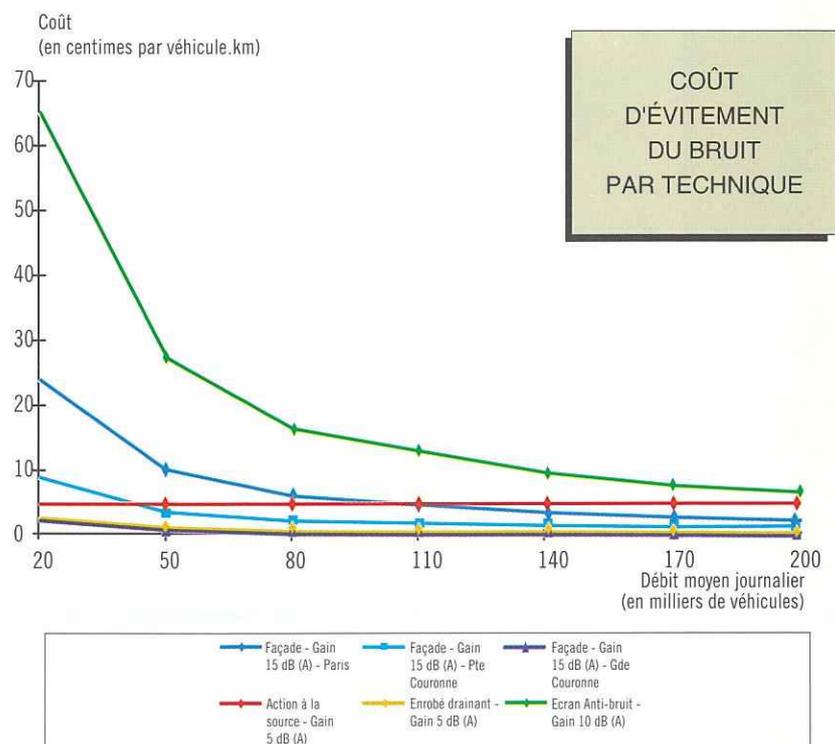
Quant aux véhicules de transport en commun, seuls les tronçons aériens des réseaux ferroviaires provoquent des nuisances significatives.

L'isolation des façades le long des voies de chemin de fer (31 km à Paris, 256 km en petite couronne et 1 034 km en grande couronne) permettrait de respecter la norme de 65 dB(A).

Il en résulte un coût de 300 millions de francs (0,02 % du PIB régional), soit par voyageur x km :

- 0,01 franc à Paris ;
- 0,02 franc en petite couronne ;
- 0,02 franc en grande couronne.

Un bus génère unitairement des émissions plus importantes qu'une voiture mais le trafic représente moins de 0,5 % du trafic total.



## ● La pollution

L'automobile est également à l'origine de sérieux problèmes d'environnement dus à l'émission dans l'atmosphère de nombreux polluants (monoxyde de carbone, hydrocarbures et autres composés organiques, oxydes d'azote, plomb, dioxyde de soufre, poussières...) préjudiciables à la santé des populations et contribuant à la dégradation des monuments, immeubles et installations diverses.

L'estimation des dépenses à engager pour réduire au maximum les émissions s'appuie sur les techniques suivantes :

- sur les voitures particulières à essence, installation d'un pot d'échappement catalytique trifonctionnel, d'une injection électronique, d'un canister (équipement qui évite la dispersion des vapeurs d'essence et assure leur recyclage), et utilisation d'essence sans plomb : il en résulte un surcoût d'acquisition de 4 100 francs et un surcoût de consommation de carburant de 547 francs par an (surcoût de 0,40 franc par litre d'essence sans plomb pour les véhicules ne l'utilisant pas et surconsommation de 5 à 10 % due au pot catalytique avec une consommation moyenne de 8,7 litres aux 100 km), soit 0,11 franc par véhicule x km (ces montants résultent de l'application de la méthode du coût d'évitement) ;
- sur les voitures particulières diesel, installation d'un catalyseur simple, d'un filtre à particules, et utilisation d'un carburant désulfuré : un surcoût d'acquisition de 3 000 francs par véhicule et un surcoût de consommation de 255 francs par an en résultent (surcoût de 0,20 franc par litre de gazole désulfuré pour une consommation moyenne de 6,7 litres au 100 km), c'est-à-dire 0,05 franc par véhicule x km.

Compte tenu de la répartition du parc (84 % essence, 16 % diesel), et du fait que le volume des émissions de polluants est inversement proportionnel à la vitesse de déplacement du véhicule (Paris 11 km/h, petite couronne 17 km/h, grande couronne 26 km/h), le coût global d'évitement de la pollution atmosphérique est estimé à 4 450 millions de francs (0,26 % du PIB régional) soit, exprimé en véhicule x km, un coût de :

- 0,12 franc à Paris (soit 0,09 franc par voyageur x km) ;
  - 0,10 franc en petite couronne (soit 0,07 franc par voyageur x km) ;
  - 0,08 franc en grande couronne (soit 0,06 franc par voyageur x km).
- Pour les véhicules de transport en commun, le coût global est évalué à 50 millions de francs correspondant à l'installation de filtres à particules et à un surcoût dû au gazole désulfuré soit, par véhicule x km (compte tenu des vitesses commerciales de 11 km/h à Paris et 15 km/h en banlieue) :
- 0,24 franc à Paris (soit 0,01 franc par voyageur x km) ;
  - 0,18 franc en petite couronne (soit 0,01 franc par voyageur x km) ;
  - 0,15 franc en grande couronne (soit 0,01 franc par voyageur x km).

## ● La congestion

La congestion est la conséquence directe de l'accroissement du nombre de véhicules dans l'espace limité des zones centrales. Alors qu'elle concernait essentiellement les heures de pointe du matin et du soir il y a quelques années, la congestion tend dans certains secteurs ou sur certains axes à se généraliser à l'ensemble de la journée.

La congestion a pour effet sur les transports en commun d'allonger les temps de parcours et de les rendre incertains, de surdimensionner le parc de matériel roulant et le personnel affecté, d'augmenter la consommation de carburant et les coûts d'entretien des véhicules, d'accroître la pollution, de détériorer le cadre de vie...

La dégradation des conditions de circulation est imputable à la voiture particulière. Elle génère un coût pour ceux qui l'occasionnent -les automobilistes- mais également pour les entreprises exploitantes de transports en commun et les usagers de ceux-ci. Les automobilistes étant à la fois émetteurs et récepteurs d'externalités négatives, les coûts et gênes qu'ils s'occasionnent mutuellement ne sont pas pris en compte.



Le coût de la congestion pour les usagers du réseau d'autobus (temps perdu dans les transports) est fonction de l'écart entre la vitesse commerciale des autobus et la vitesse objectif correspondant à une situation de fluidité (16 km/h à Paris et 20 km/h en petite couronne). Ainsi, chaque année, 30 millions d'heures sont perdues par les usagers. Le coût correspondant est de 1 900 millions de francs (taux horaire : 64,00 francs), soit un coût par véhicule x km imputable à la voiture particulière de 0,07 franc tant à Paris qu'en petite couronne. La congestion en grande couronne est considérée comme non significative car les vitesses commer-



## Économie des transports

ciales des bus se situent généralement à un niveau supérieur à 20 km/h. Le coût annuel supporté par les entreprises exploitantes des transports en commun correspondant aux moyens (dimensionnement du parc, effectifs et charges liées) qui seraient économisés si la vitesse objectif était atteinte est estimé à 850 millions de francs. Ce montant, rapporté au nombre de véhicules x km effectués par la voiture particulière, est de 0,03 franc à Paris comme en petite couronne.

Au total, le coût de la congestion imputable à la voiture particulière est donc estimé à 2 750 millions de francs (0,16 % du PIB régional), soit 0,10 franc par véhicule x km (0,08 franc par voyageur x km).

### ● Les accidents

En 1990, il y a eu en Ile-de-France 32 700 accidents de la route ; ils ont fait 44 000 victimes : tués, blessés légers, blessés graves.

	Paris	Petite Couronne	Grande Couronne	Total Ile-de-France
Tués	108	204	631	943
Blessés graves	848	1 420	2 814	5 082
Blessés légers	12 254	11 656	14 058	37 968
Total victimes	13 210	13 280	17 503	43 993
Accidents	10 666	10 055	11 973	32 694

1 - Accidents et victimes de la route en Ile-de-France en 1990.

La responsabilité des voitures particulières est de 70 % alors qu'elle n'est que de 1 % pour les bus. Pour être exhaustif, il faut ajouter 2 100 victimes sur le réseau ferré (RER, métro, train) pour la même année.

	Paris	Petite couronne	Grande couronne
Voiture particulière	1,02	0,58	0,67
Transports en commun	0,05	0,10	0,21

2 - Nombre de victimes par mode rapporté au million de voyageurs x km.

Ces accidents ont un coût pour la société, estimable selon l'approche de la "valeur de la durée de vie perdue" préconisée par les pouvoirs publics (1,86 million pour un tué, 170 000 francs pour un blessé grave...).

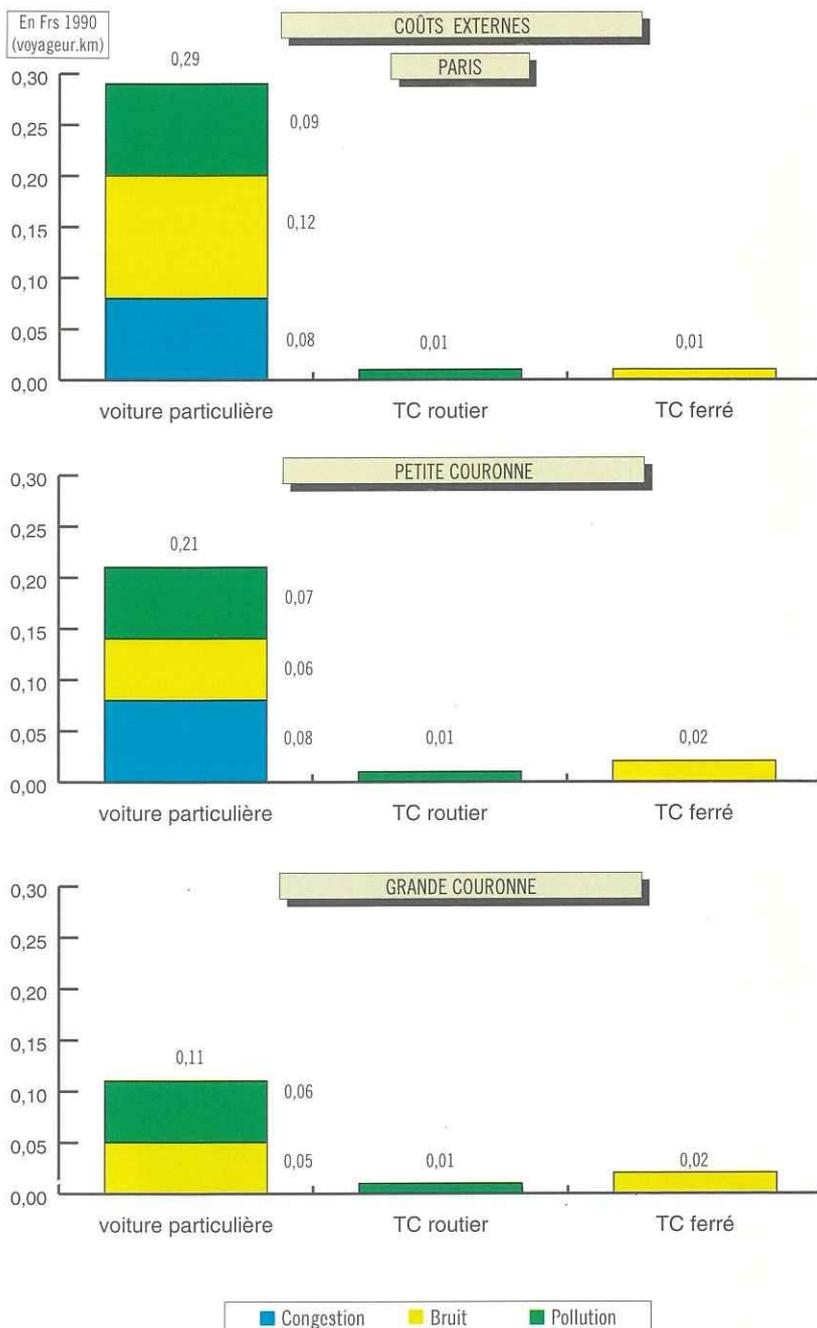
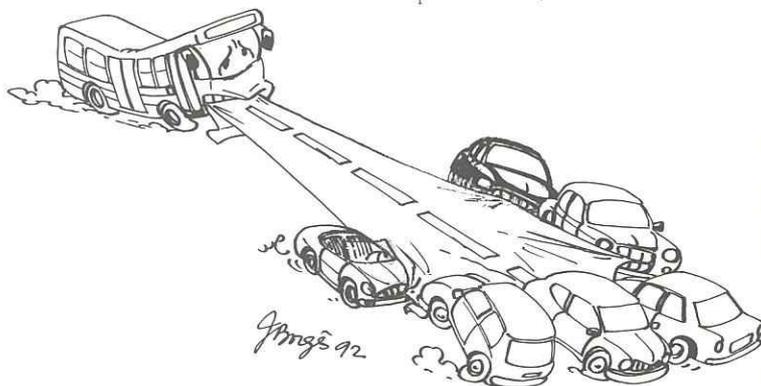
A titre indicatif, le coût global des accidents peut être estimé à 2 900 millions de francs, dont 2 650 imputables à la voiture particulière.

### Le coût de la consommation d'espace

La consommation d'espace est un phénomène dominant des transports en milieu urbain. Pour un déplacement, elle se compose de l'espace utilisé par les véhicules en circulation et de l'espace consacré au stationnement. L'espace viaire est un capital public qu'il convient d'appréhender comme un stock qui intègre les coûts fonciers et l'ensemble des dépenses réalisées par le passé.

Le coût économique de l'espace consommé est obtenu à partir d'un calcul d'actualisation considérant les coûts d'investissements, les coûts de fonctionnement associés (police de la circulation incluse) et, pour chacun des modes, les trafics sur les réseaux routiers. Il s'agit donc d'évaluer le cash flow qu'il serait nécessaire de dégager, en moyenne annuelle, pour rentabiliser le capital investi. Ce cash flow, rapporté au trafic, permet de déterminer un coût économique de la consommation d'espace. Cette dernière n'étant pas tarifée (ou partiellement pour le stationnement), il en résulte une dévalorisation du capital public.

Les coûts de voirie (investissement et fonctionnement) imputables aux divers modes de transport sont calculés en proportions des trafics auxquels sont associées des clés d'équivalence (exemple : pour les constructions neuves de routes à chaussées séparées : 1 poids lourd = 1 bus = 5 véhicules légers ; pour les renforcements coordonnés de voirie : 90 % des dépenses sont imputables au trafic des poids lourds...).



## 3 - Coûts des transports (hors fiscalité) en Ile-de-France en 1990 (en millions de francs)

	Voiture particulière		Transports en commun		Ensemble	
	Montant	% PIB	Montant	% PIB	Montant	% PIB
Coût direct dont	72 600	4,26	24 900	1,46	97 500	5,72
- péage	(350)	(0,02)	(0)	(0)	(350)	(0,02)
- stationnement(1)	(1 150)	(0,07)	(0)	(0)	(1 150)	(0,07)
Coût indirect	157 800	9,26	9 850	0,58	167 650	9,84
• coût externe						
- bruit	4 100	0,24	300	0,02	4 400	0,26
- pollution	4 450	0,26	50	0	4 500	0,26
- congestion	2 750	0,16	0	0	2 750	0,16
dont surcoût d'exploitation (2)	(850)	(0,05)	(0)	(0)	(850)	(0,05)
• coût de consommation d'espace (circulation et stationnement)	146 500	8,60	9 500	0,55	156 000	9,15
Coût global(1)(2)	228 900	13,43	33 900	1,99	262 800	15,42
- coût privé	92 500	5,43	10 700	0,63	103 200	6,06
- coût public	136 400	8,00	23 200	1,36	159 600	9,36
Rendement fiscal	31 650	1,86	1 000	0,06	32 650	1,92

(1) Pour la consolidation de la dépense, les coûts privés des péages et du stationnement sont déduits afin d'éviter un double compte, car déjà comptabilisés dans le coût de la consommation d'espace.

(2) Les surcoûts d'exploitation liés à la gestion sont à déduire des coûts directs d'exploitation des transports collectifs routiers.

## 4 - Coûts des transports par voyageur x km (en francs) et financement en 1990

	Voiture particulière (A)	Transports en commun (B)	(A)/(B)
Coût global	3,70	1,38	2,7
Coût privé	1,50	0,44	3,4
Coût public	2,20	0,94	2,4
Rendement fiscal	0,51	0,04	12,7

(3) à titre indicatif, les projets routiers souterrains (LASER, MUSE, doublement du périphérique...) conduisent à des coûts similaires variant selon les cas entre 2,50 et 4,50 francs.

Compte tenu des incertitudes sur les trafics par zone géographique et des clés d'équivalence qui sont l'objet d'appréciations divergentes, les estimations réalisées doivent être considérées comme des valeurs approchées.

Les hypothèses et conventions pour les coûts d'investissement aboutissent à des coûts moyens par kilomètre (toutes voiries confondues) de l'ordre de 500 millions de francs à Paris, 170 millions de francs en petite couronne et 50 millions de francs en grande couronne.

Il découle du calcul d'actualisation que les coûts unitaires d'un véhicule x km pour la consommation d'espace de circulation sont de 3,80 francs à Paris et se situent entre 2 et 2,50 francs pour la banlieue (3). Globalement, pour l'ensemble de l'Ile-de-France, ce coût est estimé à 117 500 millions de francs, soit 6,90 % du PIB régional.

Avec la même méthodologie, le coût de la consommation d'espace imputable aux transports collectifs routiers (RATP, ADATRIE, APTR, transport scolaire, du personnel et occasionnels) est estimé à 6 000 millions de francs (0,35 % du PIB régional). Celui imputable aux emprises ferroviaires (SNCF et RATP) est estimé à 3 500 millions de francs (0,20 % du PIB régional).



L'estimation du coût du stationnement suppose un recensement des places par nature (sur voirie, en sous-sol...) auxquelles sont associés des coûts unitaires d'investissement et de fonctionnement.

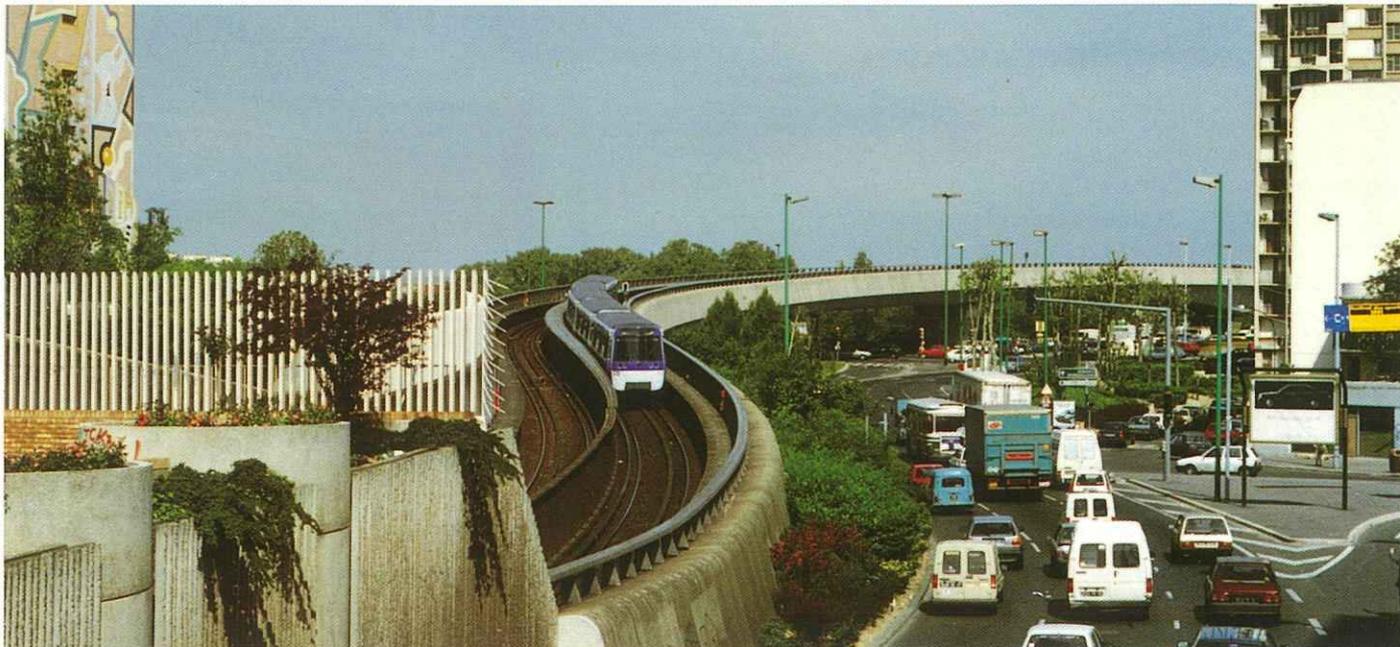
Pour l'année 1990, avec les hypothèses et conventions retenues, le coût global du stationnement (cash flow annuel) est estimé à 29 000 millions de francs (1,70 % du PIB régional), soit un coût par véhicule et par mois de 560 francs (0,62 franc par véhicule x km). Il s'agit d'une évaluation moyenne pour l'ensemble de la région. Selon les zones, les coûts sont évidemment très différents.

Le coût privé du stationnement (tarification du stationnement en parking et sur voirie, coût d'un emplacement privé, parkings commerciaux) peut être estimé à 21 050 millions de francs.

### Synthèse

Le coût global économique et social (hors fiscalité) des déplacements est ainsi estimé à 262 800 millions de francs, soit 15,4 % du PIB (voir tableau 3). Celui de la voiture particulière s'élève à 228 900 millions de francs dont 136 400 millions de francs supportés par la collectivité. Le rendement fiscal, avec un montant de 31 650 millions de francs, ne couvre que 23 % du coût public.

Pour effectuer une comparaison avec les transports en commun, il convient de considérer les coûts par voyageur x km (voir tableau 4).

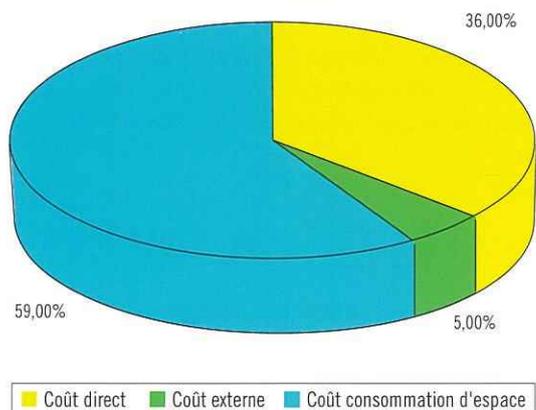


RATP - COMNAV - G. Damax

Globalement, la voiture particulière est trois fois plus coûteuse que les transports en commun (3,70 contre 1,38 francs). Les coûts privés et publics sont tous deux plus élevés pour la voiture particulière (coût privé : 1,50 contre 0,44 franc ; coût public : 2,20 contre 0,94 francs).

Mais ce sont des coûts moyens et bien sûr des disparités sensibles apparaissent selon les modes, les zones de déplacements et les types de stationnement (souterrain ou en surface).

STRUCTURE DE LA DÉPENSE DE TRANSPORT



Les déplacements de personnes génèrent des coûts directs et indirects très différents selon les modes de transport utilisés.

Les coûts externes et de consommation d'espace représentant une part prépondérante, en particulier en milieu urbain, il est donc absolument indispensable de les intégrer dans les évaluations socio-économiques des projets d'investissement. Toute démarche reposant sur une recherche de rentabilité financière ne considérant que les flux financiers à court terme apparaît donc inadaptée. L'obtention d'un optimum pour l'affectation des ressources publiques justifie une analyse en terme d'efficacité économique et sociale, ce qui suppose une bonne connaissance de l'ensemble des coûts de déplacement.

Chaque nouvelle investigation qui a été effectuée a confirmé l'importance des coûts indirects. Aussi, compte tenu de l'ampleur des enjeux économiques et sociaux, il apparaît nécessaire de poursuivre les études et travaux dans ce domaine. ■

### Bibliographie

- Commissariat Général du Plan : "Transport 2010".
- Conférence Européenne des Ministres des Transports : "La politique des transports et l'environnement" - 1990.
- Alain Morchoane : "Quelles perspectives pour la voiture propre ?" - Revue TEC, n° 111 - 1992.
- OCDE : "Le coût social des transports terrestres" - 1989.
- Pierre Merlin : "Prendre en compte des coûts sociaux dans les transports" - Revue Transport Public n° 906 - 1992.
- Rapport RATP - Département du Développement : "Les coûts sociaux en Ile-de-France" - 1992.
- Claire Spitzmuller : "Le compte transport, outil d'aide à la décision" - Revue Transport Public n° 903 - 1992.
- Pascal Auzannet : "L'efficacité économique et sociale des transports de voyageurs : l'exemple de l'Ile-de-France" - Revue RATP - Etudes/Projets - 1er trimestre 1990.

Dessins : RATP/DG - J. Borgès



## L'AUDIT DE SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT : UNE FONCTION NOUVELLE DANS L'ENTREPRISE

Depuis sa création en 1990, le Groupe "Audit de sûreté de fonctionnement" de la RATP a réalisé plusieurs missions portant sur la sécurité de systèmes techniques.

Après un bref rappel historique précisant les origines de l'audit et l'évolution de ses champs d'action, puis une présentation des différences entre les notions d'audit et d'inspection, les caractéristiques principales de l'audit de sûreté de fonctionnement sont analysées.

Cet article reprend, à quelques adaptations près, le texte d'une communication préparée pour le Congrès national de fiabilité et de maintenabilité "λ.μ.8" qui s'est tenu à Grenoble du 6 au 8 octobre 1992.

## DEPENDABILITY AUDITING: A NEW FUNCTION IN THE COMPANY

Since its creation in 1990, the Group "Dependability Auditing" of the RATP has carried out several missions concerning the security of technical systems.

After a brief historical account of the origins of the audit and the evolution of its field of action, followed by an explanation of the differences between the notions of audit and inspection, the main characteristics of dependability auditing are analysed.

This article recapitulates, with a few adaptations, the text of a communication prepared for the National Congress of Dependability and Maintainability "λ.μ.8" which was held in Grenoble from October 6th to 8th, 1992.

## BETRIEBSSICHERHEITSAUDIT: EINE NEUE FUNKTION IN DER FIRMA

Die der RATP angehörende Gruppe "Betriebssicherheitsaudit" hat seit seiner Einrichtung im Jahre 1990 mehrere Aufgaben, die die Absicherung des technischen Systems betreffen, erfüllt. Nach einer kurzen historischen Wiederauffrischung in Form einer Präzisierung des Ursprungs des Audits, der Entwicklung seines Wirkungsfeldes sowie einer Darstellung der Unterschiede zwischen den Grundbegriffen Audit und Inspektion, sind die prinzipiellen Charakteristiken des Betriebssicherheitsaudits analysiert worden.

Dieser Artikel nimmt - von einigen Einfügungen abgesehen - den Text einer anlässlich des Nationalen Congresses über Betriebssicherheit und Instandhaltbarkeit "λ.μ.8", vom 6. bis 8. Oktober 1992 in Grenoble, vorbereiteten Mitteilung auf.

## LA ASESORIA DE LA SEGURIDAD OPERACIONAL: UNA FUNCION MAS EN LA EMPRESA

Desde su creación en 1990, el grupo a cargo de la "asesoría de la seguridad operacional" de la RATP ha realizado varias misiones de exploración relativas a la seguridad de los sistemas técnicos.

Después de un breve recordatorio histórico respecto a los orígenes de la asesoría y la evolución de sus campos de acción, así como la aclaración de nociones tan diferentes como la asesoría y la inspección, se procede a continuación al análisis de las principales características de la asesoría de la seguridad operacional.

Este artículo se ha redactado a partir de una comunicación presentada ante el Congreso nacional de fiabilidad y de mantenimiento "λ.μ.8" que se desarrolló en Grenoble del 6 al 8 de octubre de 1992.

## L'AUDIT DE SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT

# UNE FONCTION NOUVELLE DANS L'ENTREPRISE

par Gérald Churchill, Gérard Le Bouquin et Bernard Beslin,  
*Ingénierie Générale Technique.*

### **Audit et inspection : deux contrôles à ne pas confondre !**

L'audit fait partie de ces mots à la mode qu'on a tendance à utiliser trop souvent parce qu'ils sonnent bien, et qui finissent par prendre des significations dont le sens peut être très éloigné de la définition d'origine. Dans l'esprit de beaucoup de personnes, l'audit prend une connotation d'inspection, alors que ces deux fonctions de contrôle répondent à des objectifs différents. L'inspection dont il est question ici est celle qui correspond au sens étymologique du terme. Certaines entreprises l'utilisent quelquefois pour désigner leur Audit Interne, ou plus souvent rattachent l'Audit Interne à une entité dite "Inspection Générale", ce qui accentue la confusion.

Quelques définitions  
L'audit est né aux Etats-Unis dans les années 1930. Il s'agissait d'une fonction interne à l'entreprise dont le domaine d'application se limitait aux aspects comptables et financiers. Les premiers auditeurs avaient pour seul rôle de vérifier les comptes. Mais les responsables d'entreprise furent vite conscients que ces enquêteurs pouvaient, en plus, porter un jugement sur les procédures de gestion et susciter des améliorations. Cette évolution a conduit à la définition actuelle de l'audit interne par l'IIA (The Institute of Internal Auditors) :

*"L'audit interne est, à l'intérieur d'une entreprise (ou d'un organisme), une activité indépendante d'appréciation du contrôle des opérations ; il est au service de l'entreprise (ou de l'organisme). C'est, dans ce domaine, un contrôle qui a pour fonction d'estimer et d'évaluer l'efficacité des autres contrôles.*

*Son objectif est d'assister les membres de l'entreprise (ou de l'organisme) dans l'exercice efficace de leurs responsabilités. Dans ce but,*



L'audit interne leur fournit des analyses, des appréciations, des recommandations, des avis et des informations concernant les activités examinées. Ceci inclut la promotion du contrôle efficace à coût raisonnable.

Le champ de l'audit interne comprend l'examen et l'évaluation de la suffisance et de la réalité du système de contrôle interne de l'entreprise (ou de l'organisme), ainsi que la qualité de l'action dans la mise à exécution des responsabilités assignées".

L'audit interne a été introduit en France au début des années 1960. Un Institut Français des Auditeurs et Consultants Internes (IFACI) a été créé en 1973. La mission Audit Interne de la RATP en est membre depuis 1975. La définition de l'audit interne de la RATP est conforme à celle de l'IIA :

"Au service de l'ensemble de la Direction Générale, l'audit est une fonction dont la finalité est de contrôler et d'évaluer le fonctionnement de l'entreprise et, éventuellement, de ses filiales.

C'est un contrôle au "deuxième degré" qui peut s'exercer, dans tous les domaines (administratifs, techniques, financiers), sur l'ensemble des systèmes, qu'ils soient opératoires, informationnels ou de pilotage, en vue de maîtriser l'entreprise (administration des moyens, gestion des activités, évolution de l'entreprise) et de sauvegarder ses biens".

Parallèlement au développement de l'audit de gestion, financier et comptable, est apparue dans les années 1970 la notion d'audit qualité. Ce type d'audit, dont les objectifs s'identifient à ceux précédemment cités, s'attache plus particulièrement au cycle de production. La norme NF X 50-120 (conforme à la norme ISO 8402) donne la définition suivante de l'audit qualité :

"L'audit qualité est un examen méthodique et indépendant en vue de déterminer si les activités et résultats relatifs à la qualité satisfont aux dispositions préétablies, et si ces dispositions sont mises en œuvre de façon efficace et aptes à atteindre les objectifs".

L'audit qualité est un des outils de base utilisés dans la validation des processus d'assurance qualité conformément aux normes européennes EN 29000 (ISO 9000). Sa mise en œuvre est décrite dans la norme NFX 50-136-1. L'audit qualité peut être externe ou interne. A la RATP, l'audit externe est utilisé pour agréer en assurance qualité les fournisseurs de matériel roulant ferroviaire pour une ligne de produit déterminée.

Il faut de plus noter que la confusion au niveau des termes s'est également accrue ces dernières années avec l'apparition d'audits externes notamment dans le domaine comptable.

Améliorer et maintenir l'efficacité de l'entreprise

L'audit interne est un contrôle dit de deuxième degré, par opposition à l'inspection qu'on peut qualifier de contrôle de premier degré. Les principales différences entre audit et inspection sont les suivantes :

- l'audit est un contrôle non systématique, programmé et sur mandat, alors que l'inspection est un contrôle continu, souvent exercé de façon inopinée ;
- l'auditeur, normalement rattaché à la Direction Générale, est indépendant de la hiérarchie directe, alors que l'inspecteur agit pour le compte d'un responsable hiérarchique direct ;
- l'audit évalue les systèmes et non les hommes, l'inspection peut conduire à des sanctions.

Enfin, et c'est là la différence fondamentale, l'audit est destiné à améliorer l'efficacité de l'entreprise, alors que l'inspection a pour rôle de maintenir cette efficacité en contrôlant l'absence de dérive. On comprend donc la difficulté de l'auditeur lorsque ses interventions sont assimilées à des enquêtes policières. Les audités ont alors le réflexe naturel de cacher les dysfonctionnements plutôt que de les porter à la connaissance de l'auditeur.



RATP-COMAV - B. Marguerite

La sûreté de fonctionnement passe par l'approvisionnement des pièces détachées. L'identification des pièces dont la criticité a été mise en évidence joue un rôle important dans la sécurité du système de transport. La reconnaissance de ces pièces peut faire l'objet d'un audit de procédure

### L'audit de sûreté de fonctionnement : maîtrise technique des nouveaux projets

L'audit Interne, comme il a été souligné ci-avant, a jusqu'à présent limité son champ d'action au domaine du management (aspects comptables, financiers, sociaux). Il n'existe pas ou peu d'exemples d'entreprises où la fonction d'audit interne ait été étendue au domaine technique. Or, si l'efficacité, voire la survie, d'une entreprise repose nécessairement sur une gestion financière saine et optimale, la sûreté des produits ou services fournis peut pour certaines revêtir une importance tout aussi stratégique. C'est le cas, en particulier, des entreprises de transport en commun.

Le transport urbain est, notamment aujourd'hui, confronté à deux objectifs difficiles à concilier :

- maîtriser et diminuer ses coûts, objectif qui passe par des restructurations en profondeur de l'entreprise, et des efforts de productivité ;
- assurer et maintenir un haut niveau de disponibilité et principalement de sécurité du transport, mais cette non régression est d'autant plus difficile à assurer que le niveau atteint est élevé, et le pouvoir politique, conscient de cette réalité, multiplie depuis quelques années des actions allant dans ce sens (commissions de sécurité, contrôle des tutelles...).

Pour les nouveaux projets (matériel roulant et installations fixes), la conception fait appel de plus en plus aux concepts de la sûreté de fonctionnement (analyse préliminaire des risques, Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité ou AMDEC, arbres de cause...), menés conjointement par les constructeurs et la RATP. En particulier, les problèmes de maintenabilité sont abordés au plus tôt. Enfin, études et fabrications privilégient les méthodes d'assurance qualité.

Les matériels récents bénéficient donc a priori des éléments nécessaires pour que l'exploitant en dispose en toute sûreté. Le problème posé alors à l'entreprise est de maîtrise pendant trente, voire quarante ans, le niveau de sûreté de ses matériels en tenant compte des risques engendrés par le "déficit d'habitude" :

- organisations qui se figent ;
  - règlements qui vieillissent ;
  - procédures qui deviennent obsolètes ;
  - processus qui deviennent inadaptés ;
  - compétences qui se perdent ou qui ne se renouvellent pas.
- C'est pourquoi la Direction Générale de la RATP a créé, en mai 1990, une entité "Audit de sûreté de fonctionnement" qui complète pour le secteur technique l'Audit Interne déjà existant. L'audit de sûreté de fonctionnement est un audit interne répondant à la définition qui en a été donnée précédemment.

### Caractéristiques de l'audit de sûreté de fonctionnement

Un contrôle a posteriori et indépendant Outre celles déjà citées lors de la comparaison entre l'audit et l'inspection, il faut rajouter deux caractéristiques fondamentales de l'audit interne :

- l'audit interne exerce son activité a posteriori, il n'intervient pas directement a priori sur les choix de l'entreprise ;
- l'audit n'est pas à la fois juge et partie, il ne participe pas directement à la définition des normes, à l'établissement des règles et des procédures, à la mise en place des outils, même si ceux-ci, très souvent, reposent, au niveau des principes, sur des constats et des préconisations d'audit.

Une distinction selon la nature de la mission et le sujet traité L'audit peut être classé selon la nature de la mission, qui dépend des attentes du demandeur. Il est également caractérisé par le sujet traité.

Selon la nature, l'IFACI distingue trois types de mission :

- *L'audit de régularité*

Celui-ci s'applique quand les règles existent, et qu'elles sont suffisamment connues et acceptées. Si les règles sont écrites, on parle d'audit de conformité. Si elles sont implicites ou évidentes, on parle plutôt d'audit de sécurité.

Un audit de régularité s'attache à vérifier que les tâches sont bien effectuées conformément au référentiel, et que les résultats sont corrects (au sens étymologique du mot).

- *L'audit d'efficacité*

Celui-ci s'applique lorsque le référentiel est inexistant, incomplet ou contesté.

Le but d'un audit d'efficacité est d'améliorer les règles de fonctionnement et la qualité des résultats. L'audit d'efficacité s'attache généralement à vérifier l'adéquation des moyens aux objectifs, la pertinence des méthodes et procédures.

- *L'audit de management*

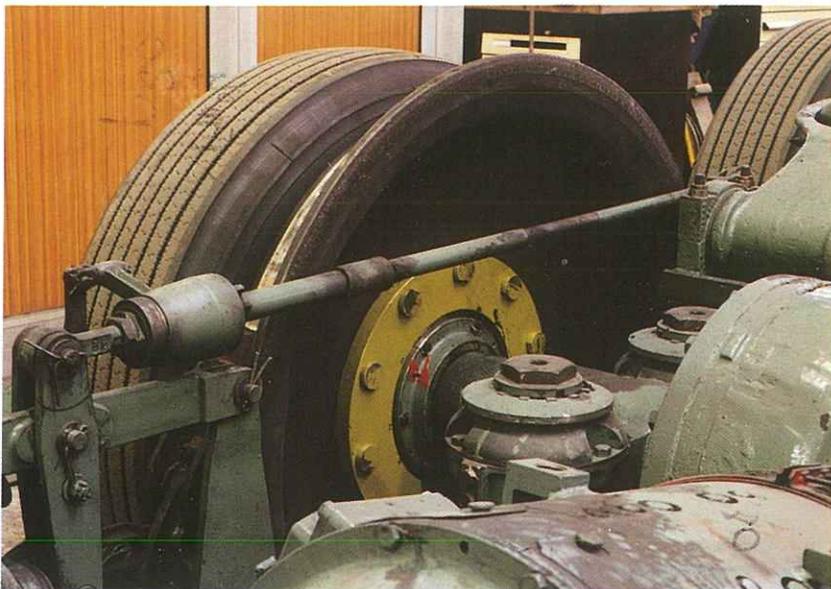
Si on s'intéresse plutôt à l'adéquation des objectifs aux stratégies et politiques et à l'adaptation des structures aux fins et objectifs, l'audit d'efficacité prend alors le nom d'audit de management.

Ces définitions s'appliquent intégralement à l'audit de sûreté de fonctionnement.

Selon le sujet, l'IFACI ne distingue encore aujourd'hui que des audits portant sur les aspects comptables, sociaux, structurels de l'entreprise. Cette typologie est difficilement transposable à la sûreté de fonctionnement ; aussi des définitions particulières ont-elles été retenues. Ces définitions se rapprochent du vocabulaire de l'audit qualité. Trois types d'audit ont été retenus :

- *L'audit de produit*

Cet audit s'attache essentiellement aux caractéristiques propres du produit vis-à-vis de la sûreté de fonctionnement, et à son intégration cohérente dans sa ou ses chaînes fonctionnelles (exemple : audit d'un régleur de frein).



RATP - COMAV - G. Dumas

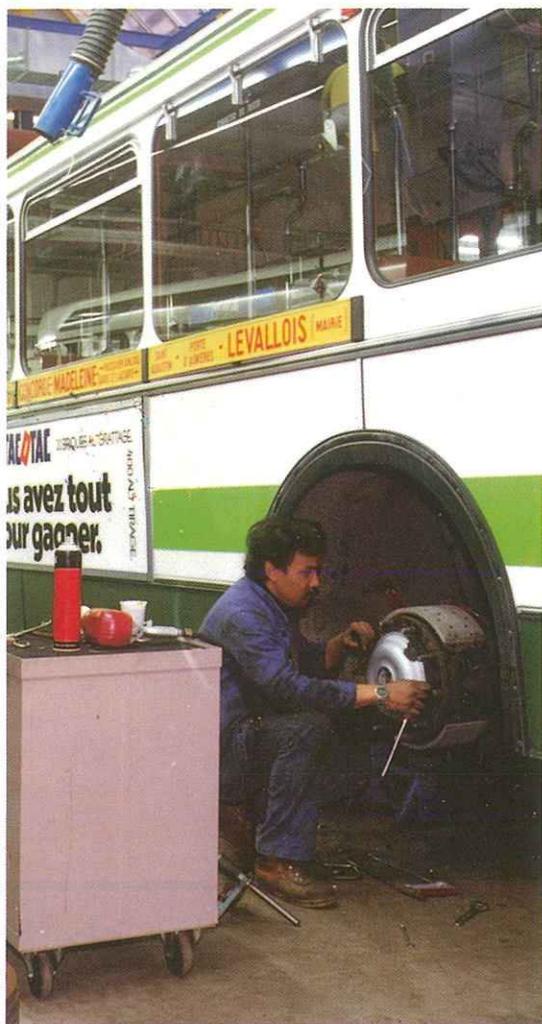
La timonerie de frein incluant le rattrapeur de jeu (régleur) fait partie de l'équipement de freinage des matériels roulants. Un audit de produit du régleur s'attache aux caractéristiques propres du régleur vis-à-vis de la sûreté de fonctionnement et à son intégration cohérente dans la chaîne de freinage

- *L'audit de procédure (ou de procédé)*

Cet audit s'assure du respect des règles en matière de sûreté de fonctionnement, et de leur bonne adéquation aux objectifs fixés. Sont notamment concernés par l'audit de procédure, les instructions techniques et les procédures de conception, réalisation, modification et maintenance (exemple : audit de la procédure d'entretien d'un régleur de frein).

- *L'audit de processus*

Cet audit analyse un ensemble de procédures en interaction au sein d'une organisation afin de vérifier sa bonne adéquation aux



RATP - COMAV - G. Dumas

Les opérations de maintenance sur les freins des bus sont critiques vis-à-vis de la sécurité voyageurs. Un audit de procédure de maintenance s'assure du respect de toutes les règles de sûreté de fonctionnement





RATP - COMNAV - B. Marguerite

RATP - COMNAV - C. Audillon

Photo de gauche : L'échange de chaîne de marche sur un escalier mécanique est une opération de sécurité vis-à-vis des voyageurs. Un audit de procédure de maintenance s'assure du respect de toutes les règles de sûreté de fonctionnement

Photo de droite : Le ballast permet de maintenir efficacement le nivellement et le dressage de la voie. La géométrie de la voie est primordiale pour la sécurité (engagement de gabarit, réactions induites au matériel roulant pouvant provoquer un déraillement). Un audit de procédure de maintenance s'assure du respect des règles en matière de sûreté de fonctionnement

objectifs de sécurité globaux. L'audit de processus s'intéresse, au-delà des aspects purement techniques, aux structures en place (exemple : audit du processus garantissant un freinage d'urgence minimum).



Le banc de test SACEM est utilisé en maintenance de 1<sup>er</sup> niveau. Cette étape fait partie du processus garantissant le freinage d'urgence des trains en SACEM. L'audit de processus s'assure de la bonne adéquation de cette tâche par rapport à l'objectif

RATP - COMNAV - B. Marguerite

Une méthodologie précise

Un audit se déroule en huit étapes :

### 1 - La recherche de la documentation

L'audit devant être conduit par rapport à des références, il est indispensable, avant toute autre chose, de rassembler et d'étudier l'ensemble de la documentation de base se rapportant au sujet étudié.

### 2 - La détermination de la démarche à appliquer

Lorsque l'auditeur s'est fait une idée correcte de sa mission, essentiellement à partir de la documentation, il doit imaginer une stratégie d'enquête.

### 3 - La planification de la mission

La planification de la mission est faite à partir de la stratégie d'enquête. Une pré-enquête peut s'avérer nécessaire avant la planification définitive. Elle comprend généralement la rencontre des responsables du secteur audité.

### 4 - L'enquête

L'enquête est constituée d'interviews et de visites sur place. Les enquêtes sont réalisées à partir d'un questionnaire préétabli par les auditeurs. Les questions sont ouvertes. Elles sont rédigées de telle manière que l'interviewé exprime des faits et non des opinions. Des visites sur le terrain permettent de valider les réponses aux questions posées lors des interviews. L'auditeur est tenu à la confidentialité des documents et informations reçus.

### 5 - L'analyse des résultats

La documentation, les comptes rendus d'interview et de visite font l'objet d'une analyse détaillée permettant de s'assurer de l'exhaustivité de l'enquête et de la validité des résultats. Tout constat dou-

teux à la relecture fait l'objet d'un complément d'étude.

## 6 - La rédaction du rapport

Les résultats de l'analyse et les conclusions de l'auditeur sont consignés dans un rapport dont le projet est porté à la connaissance des principaux intéressés du secteur audité afin de recueillir leurs remarques et observations. Celles-ci sont soit prises en compte, soit annexées au rapport. La règle générale est en principe d'aboutir à un accord sur le texte. Le rapport d'audit est confidentiel.

## 7 - Le plan d'action

Comme suite au rapport d'audit, et tout particulièrement aux recommandations qui peuvent y figurer, la Direction Générale décide des suites à donner à travers une note de conclusion d'audit. En réponse à cette note, l'audité présente un plan d'actions correctives.

## 8 - Le suivi

Le suivi consiste à vérifier la bonne application du plan d'actions. L'auditeur doit s'assurer que les modifications sont effectivement mises en œuvre et qu'elles satisfont aux objectifs fixés dans la note de conclusion d'audit.

Des outils adaptés

Les outils d'analyse utilisés en audit de sûreté de fonctionnement dépendent des types d'audit. Il s'inspirent évidemment des outils connus en conception mais adaptés pour tenir compte des objectifs de l'audit.

Une des particularités de l'audit étant d'intervenir a posteriori, son objet est opérationnel, et l'auditeur peut bénéficier d'un retour d'expérience réel, ce qui est rarement le cas des études prévisionnelles. L'analyse statistique est, de ce fait, un outil fréquemment utilisé en audit.

• Les outils de l'audit de produit sont les mêmes que ceux utilisés en conception

Les outils de l'audit de produit sont ceux utilisés couramment pour les études de sécurité : analyse fonctionnelle, analyse de risques, et AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité).

Les deux premiers outils ont essentiellement pour rôle de faire connaître le produit et son environnement, et d'identifier les risques associés au produit.

L'AMDEC complète cette analyse, et permet de voir si chacune des défaillances des constituants du produit est bien, si cela est justi-

fié, couvert par une procédure. Dans ce but, une colonne supplémentaire a été rajoutée au tableau d'AMDEC pour préciser la référence de la procédure. Ce type d'analyse est particulièrement utile pour les produits complexes.

• L'audit de procédure a nécessité la création de nouveaux outils

Pour l'audit de procédure, les outils de l'audit de produit sont également utilisés pour bien connaître le produit concerné par la procédure. Ils sont complétés par trois autres outils : le diagramme causes-effets (ou diagramme d'Ishikawa), l'ordinogramme des tâches, et l'Analyse de Dysfonctionnement des Procédures (ADP). Le diagramme causes-effets, bien connu des qualitateurs, s'avère fort utile à l'auditeur pour identifier tous les éléments influents sur la procédure (techniques, humains, organisationnels) et orienter en conséquence ses enquêtes.

L'ordinogramme des tâches décrit, sous la forme d'un organigramme de programmation, la succession des tâches de la procédure ; il permet de séparer les tâches, de les situer les unes par rapport aux autres, et de détecter des branches de procédures incomplètes ou non formalisées.

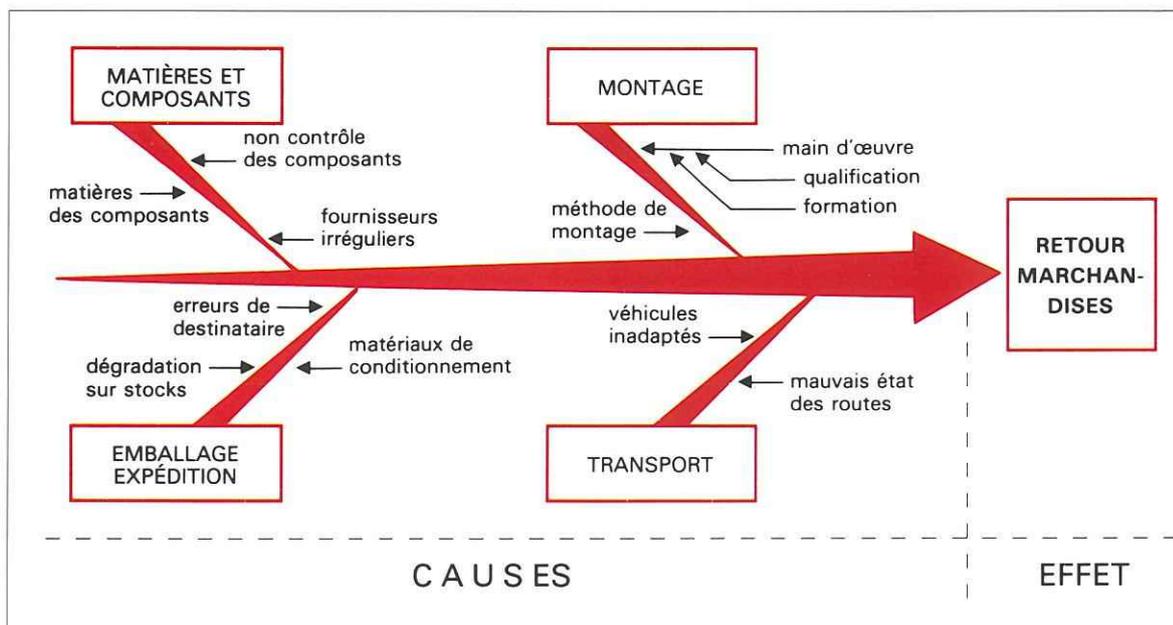
L'ADP est un outil original créé à la RATP dans le but d'évaluer la pertinence des procédures. C'est une transposition de l'AMDEC dans laquelle les constituants du produit sont remplacés par les tâches de la procédure, et les modes de défaillances par des réalisations non conformes.

En plus des colonnes classiques de l'AMDEC, un niveau de gravité supplémentaire et la présence de boucles de rattrapage ont été introduits.

Le niveau de gravité est celui qui correspond aux conséquences de l'accident potentiel avec les hypothèses de dysfonctionnement considérées. Le niveau de gravité avec respect de la procédure est celui qu'on aurait obtenu si la procédure avait été parfaitement appliquée. Si la gravité trouvée est inférieure à la valeur précédente, c'est que la tâche est parfaitement justifiée du point de vue de la sécurité. Si le niveau de gravité est inchangé, c'est que la tâche est couverte par une boucle de rattrapage, ou qu'elle n'est pas justifiée par la sécurité, mais par d'autres considérations.

Deux types de boucle de rattrapage sont identifiés dans le tableau, celles systématiques introduites volontairement dans la procédure, et celles indirectes non prévues par la procédure. Dans l'estimation du niveau de gravité, une boucle de rattrapage indirecte est envisagée en "pire cas", c'est-à-dire comme étant inefficace.

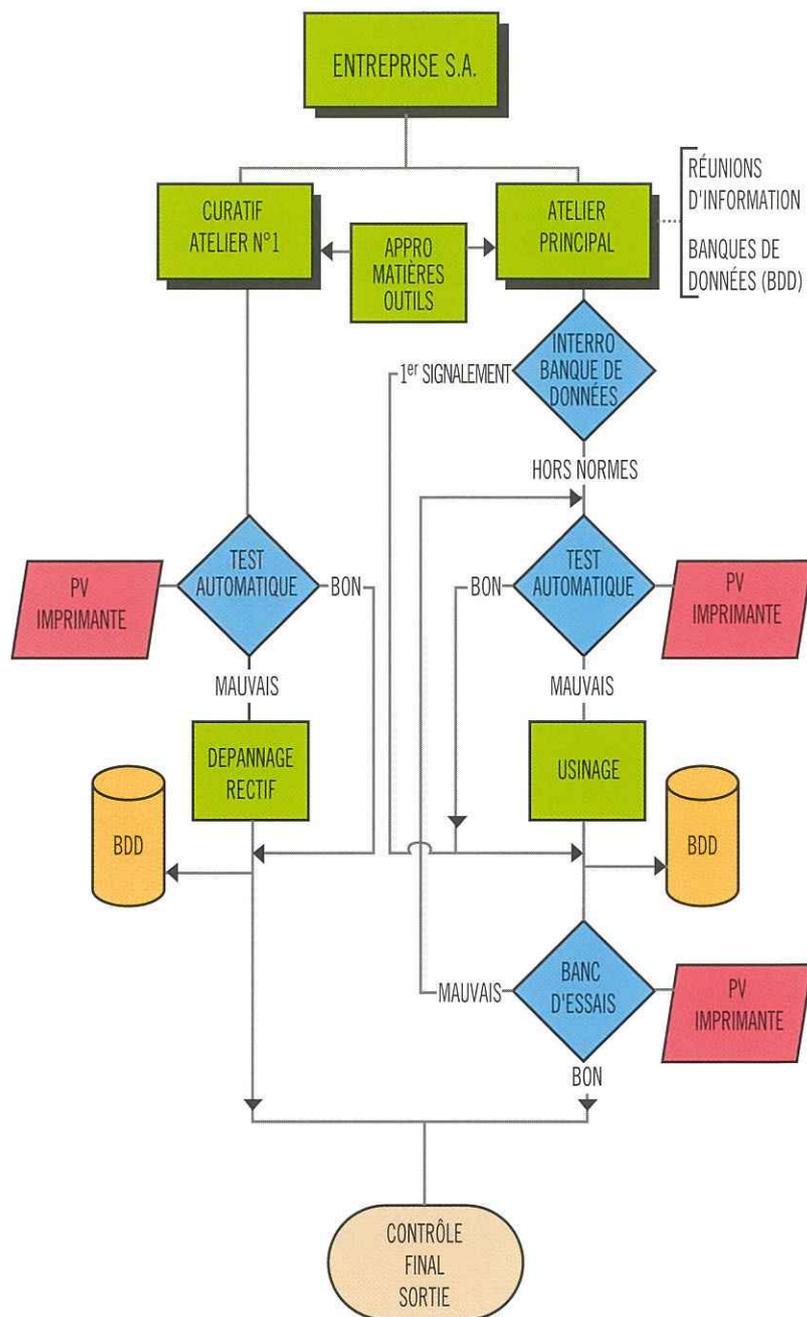
Exemple de tracé d'un diagramme causes - effet



Extrait du "Guide d'animation de la méthode de traitement de problème" - QUALIFROMO



## Organigramme des tâches



L'ADP peut se transformer en ADPC, équivalent de l'AMDEC pour les procédures, en rajoutant une colonne occurrence et une colonne Criticité. Cette extension est toutefois délicate car les probabilités d'occurrence intervenant dans les analyses de procédure sont très souvent celles d'erreurs humaines.

- Les outils de l'audit de processus sont des outils d'analyse globale. Parmi les outils déjà décrits, seuls l'analyse des risques et le diagramme causes-effets sont réellement utilisables en audit de processus. Les autres outils peuvent également être mis en œuvre, mais pour détailler un produit ou une procédure dont l'importance est critique et pour lesquels l'auditeur voudrait conforter son analyse générale. Enfin, s'agissant d'un audit portant surtout sur les structures, l'étude des organigrammes est toujours nécessaire.

### Une fonction stratégique de l'entreprise

Depuis sa création en mai 1990, l'audit de sûreté de fonctionnement de la RATP a réalisé plusieurs missions correspondant aux différents types énumérés. Ces audits ont porté essentiellement sur la sécurité, mais une mission spécifique a eu pour thème la disponibilité.

Après une période de rodage et de mise au point de la méthodologie, l'audit est aujourd'hui parfaitement opérationnel. L'aide qu'il apporte aux différents départements de l'entreprise pour réduire les dysfonctionnements en matière de sûreté de fonctionnement justifie sa création et démontre sa nécessité pour maintenir le niveau de sûreté d'un système de transport urbain comme celui de la RATP. De plus, en période de décentralisation, l'audit de sûreté de fonctionnement permet de vérifier le maintien de la cohérence technique entre les différentes unités.

### Bibliographie

- "La conduite d'une mission d'audit interne" - Méthodologie élaborée par un groupe de recherche sous la direction d'Olivier Lemant. Editions Clet, Mai 1989.
- "Lignes directrices pour l'audit des Systèmes qualité - Partie 1 : lignes directrices pour l'audit" - Norme française NFX 50-136-1 AFNOR, 1988.
- "Les études de sûreté de fonctionnement à la RATP", par Gérald Churchill et Jacky Rabouin - Revue RATP - Etudes/Projets, 1er trimestre 1991.
- "AMDEC, projet de guide pédagogique" - ISDF.

Tableau d'analyse de dysfonctionnement de procédure (ADP)

Tâche	Dysfonctionnement (Défaillance)	Causes possibles	Effet du dysfonctionnement	Conséquences	Accident potentiel	Gravité	Gravité avec respect procédure	Boucle de rattrapage		Commentaires
								systématique	indirecte	



## ENVIRONNEMENT DU TRANSPORT : LA ROBOTIQUE AU SERVICE DU NETTOIEMENT

Au milieu des années 1980, dans un contexte de mutation technologique de l'ensemble des activités de l'entreprise, la RATP a pris conscience des besoins et possibilités de modernisation des techniques de nettoyage. La robotisation constitue une des facettes de cette modernisation.

Le programme de développement de robots de nettoyage, mis en œuvre par le Groupement d'Intérêt Economique PROTEE, a abouti aujourd'hui à la création de plusieurs produits prototypes qui pourraient bien aider à "redorer le blason" d'une fonction ingrate mais de première nécessité.

## ROBOTICS: AN ASSET IN THE REFORM OF CLEANING ACTIVITIES

In the middle of the 1980s, in a context of technological changes involving all the activities of the company, the RATP became fully aware of the need to modernize cleaning techniques and the various possibilities for doing so. Robotisation constitutes one of the facets of this modernization.

The programme to develop robots for cleaning, begun by the Economic Interest Group PROTEE, has now led to the creation of several prototypes which may well help to make more attractive the thankless yet essential task of maintaining our systems clean.

## ROBOTEREINSATZ: EIN TRUMPF FÜR DIE REFORM AUF DEM REINIGUNGSSEKTOR

Im Zusammenhang mit der technologischen Umstrukturierung des gesamten Firmenbetriebes Mitte der 80er Jahre ist sich die RATP über die Notwendigkeit einer Modernisierung der Reinigungstechniken bewußt geworden. Der Robotereinsatz stellt im Rahmen dieser Modernisierung einen der wesentlichsten Aspekte dar.

Das durch die Wirtschaftsinteressengruppe PROTEE zum Einsatz gebrachte Entwicklungsprogramm der Reinigungsroboter hat bis heute zur Kreation mehrerer Prototyp-Produkte geführt, die durchaus dazu beitragen könnten, einer unauffälligen Dienstleistungsbranche, die nichtsdestoweniger von äußerster Wichtigkeit ist, zu einem besseren Image zu verhelfen.

## LA ROBOTICA: UN EXITO PARA LA REFORMA DE LA LIMPIEZA

A mediados de los años ochenta, en un contexto de mutación tecnológica que abarcó el conjunto de las actividades de la empresa, la RATP se dió cuenta de las necesidades y de las posibilidades que ofrecían técnicas modernas de limpieza, constituyendo la robotización, una de las facetas de su modernización.

El programa relativo al desarrollo de los robots limpiadores, que el Grupo de Interés Económico PROTEE ha puesto en servicio, ha engendrado la creación de varios productos prototipos que van a contribuir a "redorar el escudo" de una actividad ingrata como es la limpieza y sin embargo de primeras necesidad.

## ENVIRONNEMENT DU TRANSPORT

# LA ROBOTIQUE AU SERVICE DU NETTOIEMENT

par Marc Boudal et Jean-Daniel Mayer,  
Département Environnement et Sécurité.



RATP - COMAV - E. Chabrol

Pour son image et pour ses performances, la RATP ne pouvait pas se permettre de laisser se creuser davantage un écart technologique devenu considérable entre le nettoyage et ses autres activités. Il s'avérait nécessaire de remédier au décalage de plus en plus grand entre la modernité des matériels ferroviaires et l'archaïsme des méthodes et procédés de nettoyage, entre l'image de marque moderne de l'entreprise et la qualité médiocre de l'état de propreté des stations, entre la qualification croissante du personnel de la RATP et le travail déqualifié des nettoyeurs. Il était urgent de "passer d'une organisation artisanale du nettoyage au sein d'un espace-transport à une gestion industrielle de la propreté au sein d'espaces publics" (Michel Kokoreff). Pour s'engager dans cette importante réforme, la RATP et la COMATEC (Consortium de Maintenance Technologique, filiale de la Compagnie Générale des Eaux, chargée d'exécuter le contrat de nettoyage) ont créé un Groupement d'Intérêt Economique d'études et de recherche PROTEE qui avait pour mission "la mise en œuvre de tous moyens propres à faciliter ou à développer l'activité de ses membres dans le domaine de la recherche et du développement de robots destinés au nettoyage".

Ce GIE devait renforcer l'image de la mécanisation tout en facilitant le passage de la mécanisation vers la robotisation.





RATP - COMAV - J. Thibaut



RATP - SEC

Quatre CABX, de différentes générations, sont aujourd'hui utilisés régulièrement par la COMATEC. Grâce à leur système de navigation, ils peuvent évoluer au milieu des voyageurs en toute sécurité et balayer par exemple la salle d'échange de Châtelet-les Halles en 2 heures 30 minutes

### La robotisation : un plan multi-partenaires

Pour mener à bien cette mission, le GIE PROTEE a passé un contrat de recherche avec le CEA (Commissariat à l'Énergie Atomique) et un contrat avec Camiva (filiale de Renault) pour la fabrication de prototypes, préséries et séries de matériels. Dans cette structure contractuelle, le GIE détient les droits de propriété industrielle issus du programme de recherche, la COMATEC et la RATP recevant une licence gratuite sur les brevets, marques, etc.

Il convient de préciser que si la RATP a tenu à s'associer à cette opération de recherche, c'est également pour faire bénéficier le projet de sa connaissance du terrain et d'un début d'expérience acquise principalement par l'introduction et l'exploitation sur le réseau de quelques machines du commerce.

Le CEA s'est assuré, dans le cadre d'une sous-traitance, les compétences de diverses sociétés telles que Rol pour toute la partie informatique, Atnutech pour la mécanique, Becci pour le design, etc.

Préalablement à ce projet, dès 1984, la RATP et Midi Robots avaient conduit une réflexion sur la faisabilité technique et économique de la robotique de nettoyage. Une fois la faisabilité établie, l'Agence de l'Informatique a accepté de subventionner la réalisation de deux prototypes dans le cadre d'un autre projet international : le programme RAM (Robots Autonomes Multiservices).

### Pourquoi des robots ?

Le nettoyage industriel recouvre à la RATP une multitude d'opérations très différentes par leur finalité, par les lieux où elles se déroulent, par les procédés mis en œuvre. Nettoyer un quai, un escalier, un bureau ou un train sont des tâches très différentes dont le seul point commun est l'ingratitude des travaux, leur répétition et leur pénibilité pour l'opérateur. Pour donner une idée de l'ampleur du travail, citons quelques chiffres : 1 000 000 m<sup>2</sup> à balayer une ou deux fois par jour, 400 000 m<sup>2</sup> de voûtes carrelées et 500 000 m<sup>2</sup> de carrelages verticaux à laver.

Les robots susceptibles d'être utilisés dans le domaine du nettoyage sont rattachés à la robotique dite "de service" qui se distingue de la robotique manufacturière, la plus développée et la plus connue à ce jour (robot de peinture, de soudage, de montage, etc.) par deux caractéristiques essentielles : la MOBILITE et la nécessité, dans la plupart des cas, de les faire évoluer en MILIEU OUVERT, c'est-à-dire en présence du public. Cet environnement induit de nombreuses contraintes de conception et d'exploitation que l'on peut résumer de la façon suivante :

- complexité des tâches à effectuer, car si le nettoyage est une opération assez facile pour un humain, elle est extrêmement compliquée pour un robot (il s'agit de faire effectuer rapidement de façon sélective par un procédé artificiel une multitude de gestes) ;
- variété des milieux d'application, principalement liée à leur perpétuelle évolution (travaux, boutiques, déplacements de personnes, etc.) ;
- impératifs de sécurité, inhérents aux conditions d'utilisation en milieu ouvert ;
- autonomie de travail, fonction de l'énergie disponible mais aussi de la capacité de stocker les déchets ou les liquides indispensables.

C'est dans ces contraintes qu'ont été développées par PROTEE deux grandes familles d'engins :

- une famille de robots capables de se déplacer sur des niveaux différents par franchissement d'escaliers ( CABX, PAT) ;
- une famille de robots de masse importante effectuant leur travail au niveau des voies et se rangeant sur les quais après leur utilisation (Robot Voie, Robot Voûte).

De plus, PROTEE a été amené à étudier d'autres produits et plus particulièrement un engin de petite taille qui devait permettre le nettoyage du sol de l'intérieur du matériel ferroviaire (Robot Rame).

### CABX et PAT : l'autonomie complète

CABX (Combiné Autonome de Balayage en version automatique)  
Il s'agit d'une plate-forme chenillée supportant un module de nettoyage par balayage-aspiration.

Son gabarit réduit ( longueur 170 cm, largeur 59 cm, hauteur 140 cm) est étudié pour lui permettre une évolution aisée dans toute construction cloisonnée avec porte ou passage étroit. Grâce à son système de chenilles, et malgré son poids élevé (500 kg) dû aux batteries embarquées qui lui assurent une autonomie de 7 heures, le CABX peut franchir de nombreux obstacles tels que les escaliers et peut se déplacer de station en station en empruntant le matériel roulant.

La conduite manuelle s'effectue grâce à un boîtier de commande, déporté et raccordé à la machine par un câble.

Sa vitesse de déplacement est de 1 m/s et de 0,3 m/s en escalier. Un ensemble de moyens de détection lui permet d'évoluer en toute sécurité au milieu du public. Il s'agit :

- de capteurs infrarouges et ultrasoniques disposés à des hauteurs différentes : les détections provoquent le ralentissement (1 m à 1,5 m) ou l'arrêt (0,5 m à 1m) avant contact avec les obstacles (ces capteurs sont utilisés pour la détection frontale et latérale des obstacles mobiles ou fixes) ;
- de capteurs inclinométriques pour déceler des soulèvements ou des dévers anormaux ;
- de détecteurs infrarouges pour la détection anticipée du vide (bord de quai ou escalier) ;.

En complément, en cas de contact avec un voyageur ou un obstacle fixe, un bouchier à l'avant et une barre anti-recul à l'arrière provoque l'arrêt immédiat de la machine ; une sécurité électronique provoque également l'arrêt immédiat de l'engin pour tout défaut interne à celui-ci.

Un ensemble de brosses rotatives complété par un système d'aspiration ramènent les détritrus vers l'axe de la machine où ils sont aspirés et déposés dans un sac poubelle logé à l'arrière de la machine. A l'aide d'un spray, le CABX laisse une légère trace fugace d'eau additionnée de produits désinfectants ou olfactifs.

Conçu aussi comme une machine "servante", le CABX est équipé d'un aspirateur industriel et d'un groupe de lavage haute pression dont le temps d'utilisation est limité par la réserve d'eau disponible. Un pupitre de commande muni d'un écran de contrôle donnant les instructions sous forme de logos permet à l'opérateur d'effectuer le passage d'une tâche à l'autre sans problème.

Le CABX est également utilisé pour le balayage en mode automatique. Cette fonction lui permet de balayer la salle d'échange de Châtelet- Les Halles en 2 heures 30 minutes environ, en présence du public mais sans l'intervention du nettoyeur.

Cet automatisme est rendu possible grâce à son système de navigation, unique en son genre; ce système permet, par la lecture de balises magnétiques implantées dans le sol, tous les 10 mètres environ, d'effectuer des trajets compliqués.

Ces balises communiquent à la machine les tâches qu'elle doit réaliser (sortie et rotation des brosses, aspiration, rotation d'un quart de tour ou d'un demi-tour à droite ou à gauche, etc.), mais elles servent aussi pour vérifier ou rectifier éventuellement la trajectoire de la machine. Le cheminement est supervisé par un gyroscope qui oblige le robot à reprendre sa direction initiale en cas de dérive accidentelle de la trajectoire programmée.

L'autonomie importante de cette machine permet d'accompagner le nettoyeur pendant tout un poste de travail.



RATP - COMNAV - B. Chabrol



RATP - COMNAV - B. Chabrol



RATP - COMNAV - C. Ardillon

Les CABX peuvent effectuer diverses tâches et même gravir des escaliers. Le passage d'une tâche à une autre se fait au moyen d'un pupitre de commande qui affiche les instructions sous forme de logos





RATP - COMATEC - B. Chabrol



RATP - SEC

Conçue à partir de la plate-forme chenillée du CABX, la PAT permet le transport en escalier de charges de 350 kg

PAT (Plate-forme Autonome de Transport)  
La COMATEC utilise sur l'ensemble des quais et dans certaines grandes salles du métro et du RER des autolaveuses.

Afin de permettre leur entretien dans les ateliers, et à partir de la plate-forme chenillée utilisée pour le CABX, PROTEE a développé la PAT qui permet la montée ou la descente en escalier de charges pouvant atteindre 350 kg. La mise en place de ces charges est facilitée par un treuil de forte puissance installé à bord, par une rampe embarquée et par la possibilité d'incliner l'engin.

La PAT est munie d'un système de sécurité. Elle effectue avant chaque déplacement en escalier une simulation de pesée et vérifie l'emplacement du centre de gravité. Ce système de contrôle est destiné à éviter les accidents qui seraient dus à une mauvaise répartition de la charge et qui pourraient être dangereux notamment lors des déplacements en escalier ou en fortes pentes.

Cette machine de 210 cm de longueur, 59 cm de largeur et de 350 kg, est équipée d'un moteur thermique de 5 CV alimenté au butane ou au propane. Sa vitesse est de 1 m/s à plat et de 0,1 m/s en escalier. Elle est actionnée par l'opérateur à l'aide d'un "joystick" sur un boîtier raccordé à l'engin par un câble et muni d'un système de sécurité "homme-mort", qui arrête automatiquement la machine en cas de malaise de l'opérateur.

Un automate gère en permanence toutes les fonctions de marche et de sécurité de la machine.

Cet engin, initialement prévu pour sortir du réseau les autolaveuses, peut rendre d'immenses services à tout département ou entreprise ayant à manipuler des charges dans l'enceinte de nos réseaux, hors exploitation.

### Dans la catégorie poids lourds : Robot Voûte et Robot Voie

#### Robot Voûte

Le nettoyage des voûtes carrelées du réseau ferré nécessite un matériel lourd dont le temps d'utilisation est limité par la nécessité de libérer l'emprise des voies pendant toute la durée de l'exploitation des réseaux..

Les équipements et outils utilisés posent le problème du temps nécessaire à leur stockage et à leur mise en œuvre, que ce soit dans le cas de l'utilisation de trains de travaux ou dans celui de l'emploi de simples échafaudages pour le fonctionnement des postes de lavage.

Le Robot Voûte a pour particularité un astucieux système de tables élévatoires qui lui permet de passer automatiquement d'une position active sur les rails, à une position de stockage sur le quai de la station. On augmente ainsi de façon sensible le temps de travail effectif dans la station.

Le travail est réalisé par un bras "intelligent", intégrant tous les systèmes de fonctionnement, téléopéré depuis un pupitre de travail situé sur le robot. Ce bras, qui peut supporter une charge de 100 kg à 7 mètres, est équipé d'un outil de brossage-lavage spécialement étudié pour s'adapter à des voûtes de concavités différentes.

Mesurant 5 mètres de longueur, 2 mètres de largeur et 2,5 mètres de hauteur, pour un poids de 10 tonnes, il a été conçu pour nettoyer jusqu'à 2 500 m<sup>2</sup>/h avec une vitesse de travail de 0,8 m/s et une vitesse de déplacement de 1,6 m/s.

Un automate règle la marche normale du robot ainsi que les sécurités qui permettent l'arrêt ou le ralentissement de la machine à proximité d'un obstacle (détecteurs ultrason).

Deux groupes électrogènes fonctionnant au gaz propane assurent la gestion électrique des moteurs et de l'automate ainsi que l'ali-



RATP - COMATEC - B. Chabrol

Le Robot Voûte : un matériel lourd

mentation des moteurs hydrauliques à l'origine de la plupart des mouvements du bras.

Robot Voie

Réalisé sur le même principe que le Robot Voûte, le Robot Voie a profité de l'expérience et de la mise au point de celui-ci.

Le déplacement sur le quai s'effectue à l'aide de roues pneumatiques basse pression qui permettent une meilleure répartition de la charge sur les quais.

Un seul moteur thermique fonctionnant au gaz propane permet, par l'intermédiaire de moteurs hydrauliques, la plupart des mouvements. Un moteur auxiliaire de secours peut éventuellement être utilisé pour rapatrier le robot en cas d'avarie. Dans ce cas, les mouvements autorisés sont limités.

Son outil, situé au bout d'un bras articulé, permet l'enlèvement des déchets situés au niveau de la voie. Un cyclone d'aspiration situé dans l'engin reprend l'ensemble des débris.

Un système de sécurité incendie entièrement automatique se déclenche en cas de chaleur importante à tous les niveaux de la chaîne de déplacement des déchets.

Mesurant également 5 mètres de longueur, 2 mètres de largeur et 2,5 mètres de hauteur, pesant 5 tonnes, il a été conçu pour nettoyer jusqu'à deux doubles voies de métro par nuit avec une vitesse de travail de 1m/s. Il se déplace à une vitesse de 1,6 m/s.

**Les autres produits : projets suspendus**

Robot Videur de Corbeille

L'étude et les plans de ce robot destiné au vidage automatique des corbeilles à papiers ont été réalisés, mais des problèmes liés au compactage des déchets ont arrêté temporairement sa phase de développement.

Robot Rame.

Conçu dans un premier temps comme un outil de nettoyage des sols de voitures du métro, il préfigurait le robot de nettoyage industriel des univers structurés.

Procédant par balayage-aspiration, l'engin est muni :

- de capteurs ultrasoniques de navigation et d'anti-collision qui permettent à chaque instant au robot de connaître sa position dans son environnement, de se recalculer ou de se mettre en position de sécurité ;

- d'une informatique de navigation lui permettant de lire une carte mémoire, d'assurer les déplacements en toute sécurité et d'analyser au démarrage un code barre lui définissant le type de voiture dans laquelle il doit effectuer son travail ;

- d'un système de brossage ventral et latéral aidée d'une aspiration.

Il est de taille suffisamment réduite (longueur 70 cm, largeur 45cm, hauteur 25 cm) pour se faufiler sous les sièges ou sous d'autres obstacles mobiliers. Il fonctionne sur des batteries avec une autonomie de 45 minutes lui permettant de nettoyer complètement un train de six voitures.

Le projet de développement de ce robot est provisoirement suspendu, car la technologie qu'il met en œuvre ne permet pas à ce jour d'envisager son industrialisation à un coût raisonnable.

**Le développement industriel : pour un métro plus propre**

Aujourd'hui, six CABX ont été réalisés. Quatre d'entre eux sont utilisés quotidiennement par la société COMATEC dans les gares de Châtelet-Les-Halles, La Défense et Gare de Lyon, sans aucun problème de cohabitation avec les voyageurs. Un autre sert à la RATP pour des démonstrations. Le dernier est mis à la disposition



Tout comme le Robot Voûte, le Robot Voie, lorsqu'il n'est pas en action, peut être mis en attente, replié, sur un quai de station





RATP - COMAV - I. Tikhonov



RATP - COMAV - SEC

Le Robot Rame : un petit engin qui se faufile sous les sièges des voitures et peut nettoyer une rame en 45 minutes

du CEA et des industriels afin de préparer les générations futures. La COMATEC utilise également deux PAT pour la maintenance des autolaveuses (transport sur le réseau).

Enfin, le Robot Voûte est en service sur la ligne 7 du métro.

Si le GIE PROTEE avait en charge la réalisation des maquettes et des prototypes, il appartient maintenant à la société COMATEC, en accord avec la RATP, d'assurer l'avenir industriel du programme.

Assurer l'avenir industriel du programme, c'est se doter des moyens techniques et financiers qui permettront de reproduire et de fiabiliser les machines à un coût compatible avec leur productivité.

Dans cet esprit et sous ces contraintes, la COMATEC devrait acquérir pour les trois dernières années du contrat actuel de nettoyage, les équipements suivants :

- des CABX supplémentaires, pour les gares ou stations sur plusieurs grands niveaux (leur parc serait porté à une quinzaine d'unités) ;

- des autobalayeuses robotisées à roues, pour les gares ou stations qui ne présentent qu'une salle importante sans dénivellation (ces machines, dérivées d'autobalayeuses classiques, seront équipées du système de contrôle-commande du CABX et donc aptes à se déplacer avec le même balisage) ;

- des autolaveuses robotisées à roues (ces machines, dérivées d'autolaveuses classiques, seront elles aussi équipées du système de contrôle-commande du CABX et donc aptes à se déplacer avec le même balisage) ;

- des plates-formes téléopérées, dérivées du robot-voie actuel, permettant une mise en œuvre à partir du quai et équipées d'une nacelle élévatrice ainsi que d'un système d'aspiration et de lavage.

Cet investissement, de plusieurs millions de francs, permettrait d'une part de donner un point d'aboutissement concret aux lourds efforts techniques et financiers que la RATP et la COMATEC ont consentis dans le cadre de PROTEE, et d'autre part de développer certaines prestations tout en respectant l'obligation de rentabilité économique et de productivité.

Toutefois, il ne faudrait pas limiter l'intérêt de ces nouvelles technologies à la seule productivité, car cette robotisation s'inscrit dans une volonté forte de changer l'image de la RATP, laquelle devrait parvenir à modifier petit à petit le comportement des voyageurs en matière de salissures et, par là même, optimiser notre engagement quotidien pour un métro propre.

### Bibliographie

- Bernard Gantois et Edmond Azria : «Le nettoyage du réseau ferré : une activité en mutation» - Revue RATP Études- Projets, 2ème trimestre 1987.

- Michel Kokoreff : «Espace public, communication et propreté : l'exemple du métro» - Rapport RATP - Département du Développement (Unité prospective), avril 1992.

### ERRATA

Dans notre numéro du 4ème trimestre 1992, il fallait lire page 23 dans le schéma du montage juridique relatif au SK de Roissy-Charles de Gaulle : CLF 20% et non 40%.

Par ailleurs, dans l'article " L'univers de la couleur" d'Irène Tavernier pages 12 et 13, les mentions d'origine des illustrations sont à rectifier de la façon suivante :

- illustration page 12 "Les 3 critères physiques et perceptifs de définition des couleurs": Montage - Doc. I. Tavernier (figure centrale : Doc. MECANORMA) ;

- illustration page 12 "Le cercle chromatique - L'espace couleur en trois dimensions" : Doc. MECANORMA ;

- illustration page 13 "Seuils de lisibilité définis pour les contrastes typo/couleur de fond" : Doc. I. Tavernier.



# NOUVELLES RATP

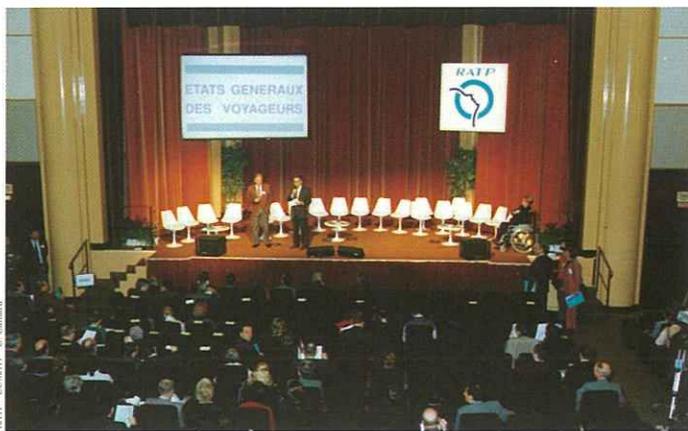
RATP - COMAV - H. Marguerite



Le 27 novembre 1992, après quatre années passées à la tête de la RATP, Christian BLANC a remis à la disposition du gouvernement son mandat de PDG de l'entreprise. Francis LORENTZ, nommé en Conseil des Ministres du 9 décembre 1992 sur proposition du Conseil d'Administration, le remplace dans les mêmes fonctions. Né en 1942, Francis LORENTZ est diplômé de l'École des Hautes Études Commerciales et ancien élève de l'École Nationale d'Administration.

De 1970 à 1980, il a été Administrateur civil au Ministère de l'Économie et des Finances. De 1980 à 1982, il a été Directeur général adjoint de la Lyonnaise des Eaux. Puis, de 1982 à 1989, il a occupé les fonctions de Directeur général dans le Groupe BULL, qu'il a ensuite dirigé en tant que PDG jusqu'en juin 1992.

## LES ÉTATS GÉNÉRAUX DES VOYAGEURS



Les 6 et 7 novembre 1992, ont eu lieu à la Maison de la Chimie à Paris les premiers États Généraux des Voyageurs. Nous reproduisons ci-dessous les commentaires qu'en a fait Jean Stablo, Directeur général adjoint chargé du secteur Exploitation et Commercial.

" Pour la première fois de son histoire, la RATP a organisé, les 6 et 7 novembre, des États Généraux des Voyageurs. Cette manifestation a réuni voyageurs et agents de l'entreprise, en présence de grands experts et de journalistes. Elle marque une étape significative dans la réforme de structure engagée par Christian Blanc en mai 1990.

La RATP avait exprimé la volonté de placer le voyageur au centre des préoccupations, en développant la qualité du service rendu aux neuf millions de personnes empruntant chaque jour ses réseaux. Après plus de deux ans d'efforts, nous pensons que les voyageurs vont commencer à ressentir les effets de la politique que nous menons actuellement dans ce but. Le moment était donc venu d'engager un dialogue plus concret. Certes, des rencontres avec des associations de consommateurs ou de voyageurs existaient depuis plu-

sieurs années, et à tous les niveaux de l'entreprise. Mais nous voulions officialiser cet échange, pour ouvrir un véritable dialogue.

Lors des États Généraux, voyageurs et agents ont eu le temps de s'écouter, de se parler, de se concerter. Des critiques ont été émises, et des solutions ont été proposées. Ces deux jours ont permis de faire le point sur les préoccupations quotidiennes des voyageurs, sur les évolutions récentes du service et les projets à long terme de l'entreprise, au cours de trois grands débats organisés en Tables rondes :

- "Du voyageur au client" ou comment faciliter le déplacement quotidien de nos clients ;
- "Un transport urbain de qualité" ou comment mieux transporter ;
- "Se déplacer dans la ville demain" ou les projets du XXIème siècle.

Autant de thèmes sur lesquels la RATP peut déjà faire des propositions concrètes, propositions que les agents de l'entreprise ont d'ailleurs abordées tout au long de ces deux journées.

Il faut que, bientôt, les exigences du client-voyageur dictent les décisions de la RATP. Ce n'est qu'avec la volonté de chacun

d'entre nous, dans toutes nos fonctions, de tout mettre en œuvre pour répondre aux attentes de nos clients et résoudre progressivement leurs problèmes quotidiens, que nous établirons clairement notre légitimité. Nous savons que c'est ainsi que nous assurerons la pérennité de l'entreprise."

(Extrait de "Entre les lignes", édition spéciale de novembre 1992)

\*  
\* \*  
\*

Parallèlement, du 5 au 7 novembre, se tenait au Parc des Expositions de la Porte de Versailles, le Forum Innovations du Service Public. Organisé par le Ministère de la Fonction publique et des Réformes administratives, ce Forum avait un double objectif :

- montrer concrètement à travers une exposition ouverte au grand public que le service public se modernise pour mieux répondre aux attentes des citoyens et des usagers ;
- susciter réflexions et échanges sur cette modernisation et, plus largement, sur le rôle de l'État et du service public, au moyen de Tables rondes et débats réunissant représentants des administrations, élus, chercheurs, responsables syndicaux et associatifs.

La RATP était naturellement présente à cette manifestation : elle y avait aménagé un stand et Christian Blanc présidait notamment une des Tables rondes : "La modernisation du service public pour les entreprises".



RATP - COMAV - G. Gallard

### PREDIT : POUR LES TRANSPORTS TERRESTRES DE L'AN 2000

Depuis 1990, les forces vives de la recherche-développement en matière de transports terrestres sont réunies dans le cadre du PREDIT : Programme de Recherche Et Développement pour l'Innovation et la Technologie dans les transports terrestres (voir numéro du 4ème trimestre 1991 de "RATP Études-Projets").

Ce programme, établi sur cinq ans, en est à mi-parcours et, à cette occasion, un colloque a été organisé à Versailles les 29-30 septembre et 1er octobre 1992 pour faire le point sur les travaux effectués ou en cours.

Quatre vingts exposés et près de cinq cents participants ont assuré le succès de cette manifestation ouverte par le Ministre de l'Industrie et du Commerce extérieur et clôturée par le Ministre de la Recherche et de l'Espace.

Les caractéristiques mises en valeur par ces journées :

- *L'émergence de grands programmes*  
L'objectif est une meilleure cohérence des actions de recherche-développement dans des domaines spécifiques : le TGV de nouvelle génération, le véhicule routier propre et économe ont déjà fait l'objet de protocoles interministériels ; les automatismes de sécurité et les systèmes de contrôle-commande des transports guidés (ASCOT), le programme sur la sécurité automobile (VRS), le programme "intermodal du futur" (transports de marchandises) sont en cours de montage.

- *La composante européenne*  
Elle apparaît en particulier dans les programmes DRIVE (télématique avancée pour les véhicules routiers), PROMETHEUS (programme EUREKA pour le développement de systèmes d'aide à la circulation des véhicules routiers), EURET ("vers un système harmonisé de



contrôle-commande de circulations ferroviaires").

Parmi les projets EUREKA, on trouve également le développement du VAL de nouvelle génération.

Ces ouvertures sur l'Europe sont intéressantes au moment où se prépare le 4ème programme communautaire de recherche-développement.

- *La préoccupation croissante du respect de l'environnement*

Elle se retrouve dans la recherche d'améliorations de la motorisation ou de l'utilisation de sources énergétiques différentes ; à ce titre, les véhicules électriques et hybrides sont sur la sellette. On pense aussi au recyclage des matériaux plastiques.

- *La recherche d'un confort accru, qui répond aux exigences nouvelles et qui contribue à l'attractivité des transports.*

- *La prise en compte du facteur humain*  
Bien qu'encore limitée, celle-ci est néanmoins tout à fait présente tant en ce qui concerne l'ergonomie et la place de l'opérateur dans le système, singulièrement dans les cas de fonctionnement dégradé, qu'au plan des métiers, de l'organisation du travail et de l'environnement sociétal.

- *La poursuite de l'exploitation des potentiels énormes de l'informatique et des communications* (projet ASTREE de système de gestion en temps réel des circulations ferroviaires, dispositifs d'identification des véhicules, systèmes de télépéages, dialogues solvéhicules, architectures informatiques des véhicules).

La RATP, qui est présente dans les différentes instances du PREDIT et intervient dans un certain nombre d'actions, participait à l'organisation de ce colloque et assurait une présidence ainsi que quatre conférences. Elle ne figurait dans l'exposition de matériel qui accompagnait le colloque qu'au travers de ses partenaires industriels.

Les auditeurs ont apprécié ce panorama général de la recherche dans les transports : la confrontation des préoccupations liées aux différents modes de transport peut-être à l'origine de transferts de technologies ou de méthodes et la connaissance des moyens d'études et d'essais existant dans les différents domaines devrait inspirer des rapprochements, voire des partenariats.

Jean-Paul Perrin

### PLUS D'ESPACE STATION RIQUET

À la station Riquet (ligne 7 du métro), après la mise en service en avril 1991 de l'escalier mécanique qui débouche rue de Flandre (voir numéro du 1er trimestre 1991 de "RATP Études-Projets"), les travaux ne s'en sont pas arrêtés pour autant : un chantier d'agrandissement de la salle des billets a pris le relais et s'est achevé le 4 novembre 1992. Un couloir supplémentaire réservé à la sortie a été créé pour séparer les flux de voyageurs entrants et sortants, l'accès existant réservé maintenant à l'entrée a été élargi, le nombre des péages et des portes anti-fraude a été augmenté. Ces nouvelles dispositions offrent aux utilisateurs de la station de bien meilleures conditions d'accueil et de circulation.



RATP-COMAV - G. Duran

### BIENTÔT DES RAMES À ÉTAGE SUR LE RER

La RATP et la SNCF viennent de passer ensemble au constructeur GEC-Alsthom, chef de file en groupement avec ANF-Industrie, une commande ferme de 70 rames de matériel à étage dit MI 2N (Matériel Interconnexion à 2 Niveaux). Cette commande, qui atteint 4,5 milliards de francs, concrétise les conclusions des essais menés avec ce type de matériel sur la ligne A du RER au cours du premier semestre 1991 (voir numéro du 4ème trimestre 1991 de "RATP Études-Projets"). Elle comporte en outre une option pour 73 rames supplémentaires qui la porterait à quelque 9 milliards de francs. Le MI 2N, de conception dérivée du Z2N déjà utilisé par la SNCF, circulera sur la ligne A du RER et sur la future liaison EOLE (Est-Ouest Liaison Express) de la SNCF.

En ce qui concerne la RATP, les rames seront composées d'éléments de deux remorques avec cabine de conduite encadrant trois motrices, éléments offrant chacun une capacité de près de



RATP-COMAV - R. Minin

1 300 places (40% assises et 4 voyageurs debout par m<sup>2</sup>).

Distinction essentielle par rapport au Z2N : motrices et remorques seront toutes équipées de 3 portes (au lieu de 2) de grande largeur par face, caractéristique indispensable pour assurer une répartition correcte des voyageurs à la fois sur les quais des gares et dans les voitures, et pour que la durée des échanges entre montants et descendants reste compatible avec les besoins de l'exploitation.

En outre, les exigences de performances de freinage liées au mode d'exploitation SACEM ont conduit à revoir le schéma global du frein et à lancer l'étude d'un nouveau bogie pour implanter les organes de frein nécessaires.

Les éléments de pré-série devraient être livrés dès la mi-1995 ; ceux de série à partir de la mi-1996.

### LIGNE A : ARRÊT DES TRAINS À BUSSY-SAINTE-GEORGES

C'est le 21 décembre 1992 qu'a été ouverte sur la ligne A du RER, comme annoncé lors de la mise en service du prolongement de Torcy à Chessy (voir le numéro du 1er trimestre 1992 de notre revue), la gare de Bussy - Saint-Georges. Implantée à proximité du futur centre ville en cours d'aménagement, cette gare est exploitée dans un premier temps, et pour une durée d'environ six mois, avec un bâtiment voyageurs provisoire.

Entrepris dès l'été 1990, les travaux de construction de cette gare se déroulaient conformément au planning prévu et auraient dû normalement être le 21 décembre complètement achevés. Mais vers la mi-91, au moment de la



RATP-COMAV - R. Marguerite

passation des marchés relatifs au bâtiment voyageurs, les appels d'offres ont fait apparaître un coût beaucoup plus élevé que celui attendu. Des études et négociations complémentaires ont alors été engagées, retardant le chantier mais aboutissant à une économie substantielle. Le bâtiment définitif ne sera donc prêt qu'en juin prochain !

Établi comme le provisoire en surface, à 6 mètres au-dessus des voies en déblai, ce bâtiment offrira un vaste espace central, avec une ligne de contrôle spécifique à chaque quai. Afin de minimiser son impact au sol, il ne comprendra de plain-pied que les locaux nécessaires à l'exploitation, les locaux techniques étant pour la plupart situés au niveau inférieur. Seul le poste de redressement lui sera accolé à son angle nord-ouest, cette intégration induisant, pour des raisons d'esthétique architecturale, la création en symétrie d'une zone de commerces. Les accès avec dénivelées seront en partie mécanisés.

Afin de parfaire l'intégration des installations dans le site et de relier entre elles les deux parties du centre urbain qui se développent de part et d'autre du RER, les voies sont, sur une longueur de 450 mètres encadrant le bâtiment voyageurs, coiffées d'une dalle de couverture qui supporte les franchissements routiers et piétons et qui accueillera, à terme, un parc de stationnement et un terminal bus.

### SORTIES MÉCANISÉES À BUZENVAL ET BOUCICAUT

Sept mois d'études, d'appels d'offres et de préparation des marchés, dix-neuf mois de travaux... et la station Buzenval, située sur la ligne 9 du métro, possède, depuis le 23 octobre 1992, son escalier mécanique ! Pour la plus grande satisfaction des voyageurs sortant du quai direction "Mairie de Montreuil", lesquels se laissent maintenant hisser jusqu'au niveau du sol, à 9,7 m plus haut. Cet escalier est implanté à l'ouest de la station, en extrémité d'un couloir de 8,5 m de long nouvellement construit, branché sur le couloir qui relie le quai à la salle des billets. Il débouche rue d'Avron (Paris 20ème), face au numéro 28.

À Boucicaut, station de la ligne 8, ce sont deux escaliers mécaniques qui ont été mis en service, le 18 décembre 1992, après sept mois également

d'études-préparation, et vingt-trois mois de travaux.

Ces deux escaliers, dont les dénivelées respectives sont de 4,15 m et 5,15 m, assurent une mécanisation complète de la sortie du quai direction "Balard," et partielle de celle du quai direction "Créteil" : le premier relie le quai "Balard" à la salle des billets, le second la salle des billets au niveau de la voirie. Le débouché extérieur de ce dernier se fait rue Félix Faure (Paris 15ème), face au numéro 46.

## EXPLOITATION DU RÉSEAU BUS

### Deux nouvelles opérations "Autrement Bus"

Le réseau d'autobus a été marqué ce dernier trimestre 1992 par deux nouvelles opérations Autrement Bus, mises en place respectivement :

- le 19 octobre dans les Hauts-de-Seine nord ;
- et le 21 décembre en Seine - Saint-Denis nord.

La restructuration des Hauts-de-Seine nord est en fait un réajustement des dessertes du secteur opéré après six mois et demi de fonctionnement du prolongement de la ligne 1 du métro à La Défense et complète les modifications intervenues dès le 1er avril (voir le numéro du 1<sup>er</sup> trimestre 1992 de notre revue). Plusieurs lignes ont disparu, mais les liaisons qu'elles assuraient ont été reprises sous d'autres indices, ou intégrées à d'autres lignes créées, prolongées ou totalement remaniées. Il en résulte un réseau plus clair et mieux compréhensible par le voyageur conformément aux objectifs généraux d'Autrement Bus.

En Seine - Saint-Denis nord, la refonte des dessertes a accompagné la mise en service du second tronçon du tramway entre Saint-Denis et La Courneuve. C'est une opération de grande envergure, concernant directement près de 350 000 habitants, qui a été réalisée. Il est vrai qu'elle était devenue plus que nécessaire : avec des modifications effectuées par petites touches successives au fil des ans pour répondre à des demandes locales précises, le réseau du secteur était devenu très complexe pour l'usager. Autrement Bus a remis tout à plat et offre maintenant des itinéraires plus directs, donc plus rapides.



RATP - COMNAV - B. Chabrol

#### Autrement Bus 92 Nord

- 6 communes directement intéressées (Courbevoie, La Garenne-Colombes, Nanterre, Puteaux, Rueil-Malmaison, Suresnes) et 4 partiellement (Boulogne, Colombes, Paris XVIème, Saint-Cloud).
- lignes nouvellement créées ou remaniées :
  - . Ligne 141 : Grande Arche de La Défense - Lycée de Rueil ;
  - . Ligne 144 : Pont de Neuilly - Rueil-Malmaison ;
  - . Ligne 160 : Pont de Sèvres - Nanterre-Préfecture ;
  - . Ligne 241 : Porte d'Auteuil - Rueil-Malmaison ;
  - . Ligne 244 : Porte Maillot - Rueil-Malmaison ;
  - . Ligne 278 : Grande Arche de La Défense - Courbevoie-Europe ;
  - . Ligne 358 : Rueil-Ville - Courbevoie-Europe ;
  - . Ligne 367 : Nanterre-Lavoisier - Église de Colombes ;
  - . Ligne 467 : Rueil-Malmaison - Pont de Sèvres ;



RATP - COMNAV - G. Durmaz

#### Autrement Bus 93 Nord

- 6 communes directement intéressées (Aubervilliers, Bobigny, Bondy, Drancy, La Courneuve, Saint-Denis) et 10 partiellement (Dugny, Epinay, Le Bourget, L'île Saint-Denis, Le Pré - Saint-Gervais, Pantin, Pierrefitte, Saint-Ouen, Stains, Villetaneuse).
- principales nouveautés :
  - création d'une rocade est 346 du Blanc-Mesnil à Rosny-sous-Bois ;
  - création d'une rocade nord-ouest 254 d'Epinay-sur-Seine à Saint-Denis ;
  - extension des lignes 177 et 143 à la gare RER-ligne B d'Aubervilliers-La Courneuve ;
  - prolongement de la ligne 170 à Saint-Denis - La Poterie ;
  - fusion des radiales 130 et 149 sous l'indice 249, des radiales 142 et 155 sous l'indice 255, et des radiales 156 et 256 sous l'indice 256 ;
  - fusion des antennes 151 A et N sous l'indice 251 et exploitation de l'antenne 151 B sous l'indice 151 ;
  - dissociation des antennes 134 A, B et N, modifiées et exploitées désormais sous les indices 134 et 234 ;
  - dissociation des antennes 153 A et B, rebaptisées respectivement 253 et 153 ;
  - dissociation des antennes 250 A et B, rebaptisées respectivement 250 et 252 ;
  - déviation des lignes 174, 301 et 351 ;
  - suppression notamment des lignes 346 A et 354 B, leurs dessertes étant reprises par les nouvelles liaisons, créées ou remaniées.



RATP - COMNAV - C. Ardalion

### Paris-Roissy direct avec "Roissybus"

C'est le 1er décembre 1992 qu'a été mis en service Roissybus, liaison directe entre l'aéroport de Roissy-Charles de Gaulle et le centre de Paris (rue Scribe).

Le service est assuré 7 jours sur 7, de 5 heures 45 (départ de Paris) ou 6 heures (départ de Roissy) à 23 heures, avec un intervalle de départ de 15 minutes.

A partir de la rue Scribe, la ligne emprunte successivement la rue Auber, le boulevard Haussmann jusqu'à la place Saint-Augustin, le boulevard Malesherbes jusqu'à la porte d'Asnières, le boulevard périphérique puis l'autoroute A1. Cet itinéraire n'a pas été choisi parce qu'il est le plus court (33 km), mais le plus dégagé. Son temps de parcours est donc relativement fiable (45 minutes en moyenne). La ligne étant sans arrêt intermédiaire, des itinéraires de substitution peuvent être empruntés en cas de forte perturbation de la circulation.

Les véhicules, de type PR 100-2 de RVI, sont revêtus d'un décor extérieur spécifique, marquant leur vocation de desserte d'aéroport. A bord, les voyageurs disposent d'une information écrite (dépliants, panneaux indiquant la répartition des compagnies aériennes par aérogare) et sonore bilingue français/anglais (annonce notamment des aérogares et modules desservis).

Simple et efficace, la ligne Roissybus offre une véritable alternative à l'utilisation de la voiture particulière.

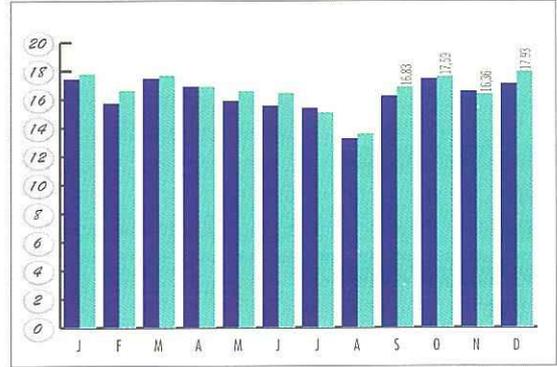
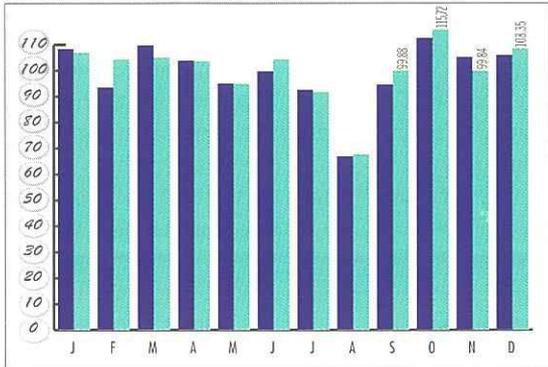
### Les autres modifications

Les autres modifications réalisées sur le réseau se résument comme suit :

- le 1er octobre 1992, création de la ligne 379 entre Vélizy 2 (centre commercial) et Fresnes (Rond-point Roosevelt) ;
- le 19 octobre 1992, prolongement de la ligne 642 de la gare RER de Villepinte-Vert Galant (ligne B) à l'Hôpital de Montfermeil d'une part et à la gare SNCF du Raincy-Villemomble d'autre part, avec tronçon commun jusqu'à la place du Patis à Coubron (parallèlement, la liaison d'indice 642 N entre Le Raincy et Coubron a été supprimée) ;
- le 1er décembre 1992, suite à la création de Roissybus, suppression de la ligne 351 N et modification des itinéraires des lignes 350, 350 N et 351 dans Roissy-Charles de Gaulle.

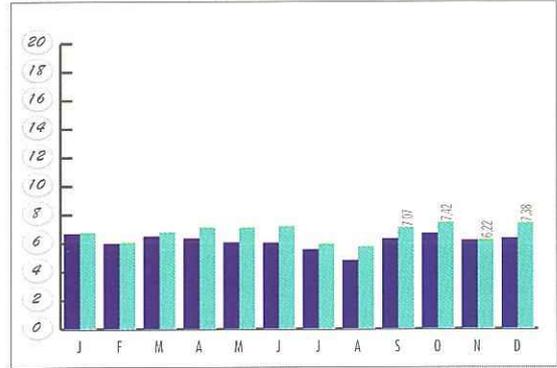
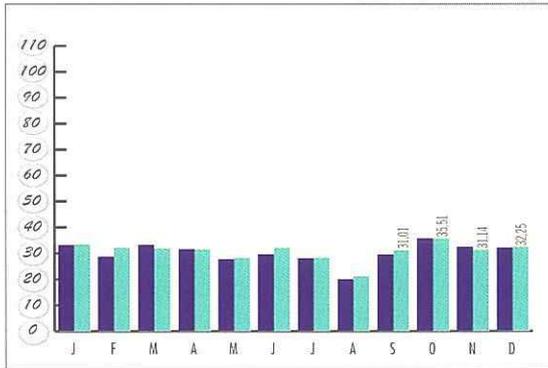


# BAROMÈTRE TRAFIC ET SERVICES



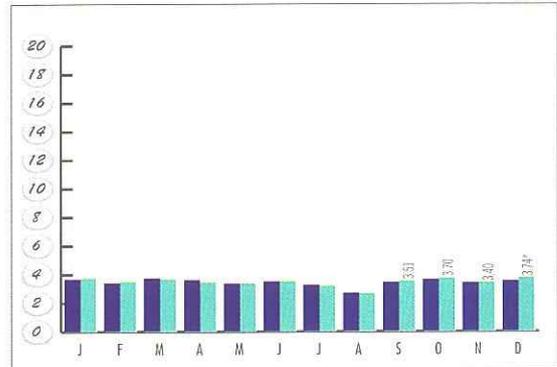
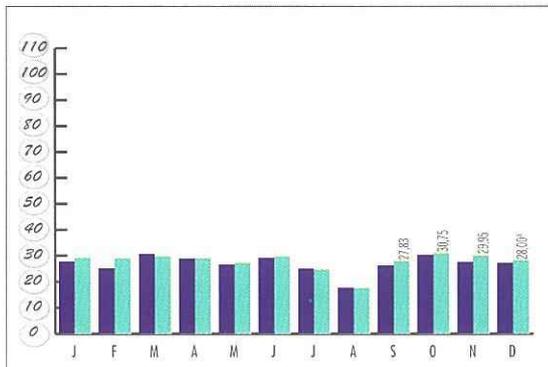
Métro

Métro



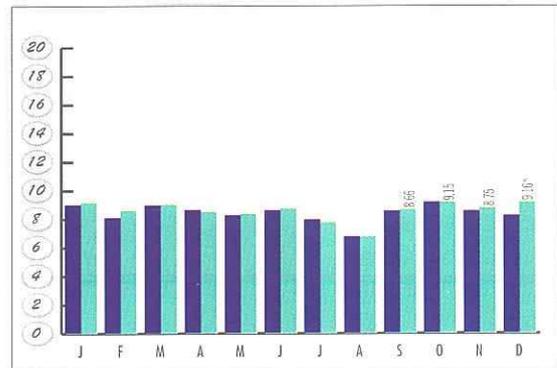
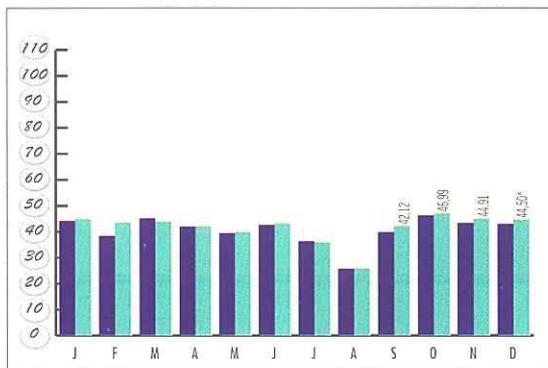
RER

RER



Autobus lignes urbaines

Autobus lignes urbaines



Autobus lignes de banlieue

Autobus lignes de banlieue

1992  
1991

\* Estimations



## STRASBOURG : UN TRAMWAY DE CONCEPTION ORIGINALE



La Communauté Urbaine de Strasbourg (CUS) a décidé la construction d'un réseau de tramway moderne qui sera réalisé par étapes et exploité par la Compagnie des Transports Strasbourgeois (CTS), également Maître d'Ouvrage de l'opération.

Cette décision a été prise dans le cadre de l'opération d'urbanisme actuellement en cours, visant à réduire considérablement la circulation automobile dans le centre-ville, à accroître la part des transports publics dans les déplacements et à rendre une partie de l'espace urbain aux piétons.

Constatant à l'origine du projet qu'aucun des matériels roulants existants ne correspondait aux objectifs souhaités, Catherine Trautmann, Maire de Strasbourg et Présidente de la CUS, a décidé de confier l'étude de la conception générale des futurs véhicules du tramway strasbourgeois à un groupe de travail composé de techniciens de la CUS, de la CTS, du GETAS (Groupement d'Études du Transport Moderne de l'Agglomération Strasbourgeoise), de METRAM (expert en conception de matériel ferroviaire) et d'IDPO (Industrial Design Planning Office) pour l'architecture générale, le

design et l'ergonomie. En 1990, sur la base de cette étude, un appel d'offres a été lancé auprès de sept constructeurs spécialisés européens et, en juillet 1991, la CTS a signé un marché avec le groupement SOCIMI-ABB pour la fourniture de 26 rames (SOCIMI était chargé de la partie mécanique, ABB de la partie électrique).

Le principe général retenu consiste en de grands compartiments voyageurs s'articulant autour de courts modules d'intercirculation, les modules d'extrémité étant aménagés en cabine de conduite. Les rames, réversibles, comporteront 3 caisses et 4 modules reposant sur 4 bogies à roues indépendantes et à suspension pneumatique (3 bogies moteurs, 1 bogie porteur). Elles mesureront 33,10 m de long sur 2,40 m de large. Elles offriront 66 places assises et une capacité totale de 230 voyageurs (à raison de 4 voyageurs au m<sup>2</sup>). La vitesse maximale d'exploitation sera de 60 km/h. Il est prévu, si le trafic voyageurs l'exige, de former ultérieurement des rames à 4 caisses et 5 modules, de 43 m de long.

Le niveau du plancher a été fixé à 34 cm du sol, sauf en cabine de conduite, où il est surélevé pour des raisons de sécurité. L'accès des voyageurs se fera par 6 portes latérales à un vantail d'une ouverture de 1,50 m. Deux plateformes de la rame seront dotées, de chaque côté, de palettes rétractables pour permettre l'accès des personnes handicapées en fauteuil roulant.

Les caisses et les modules sont en alliage d'aluminium soudé; les bogies en

tôles d'acier soudées; les revêtements intérieurs et les sièges en polyester armé. Le confort des véhicules est assuré par une installation de ventilation-chauffage-climatisation par air pulsé. Les 12 moteurs de traction (1 par roue), du type asynchrone triphasé, ont une puissance de 26,5 kW chacun. La régulation fait appel à des onduleurs transistorisés d'une puissance de 76 kVA permettant un freinage par récupération jusqu'à très basse vitesse. Le freinage électrique est complété par un freinage électro-hydraulique agissant sur chaque roue et par des patins électromagnétiques pour le freinage d'urgence. L'équipement des cabines de conduite comprend, outre les instruments classiques (manipulateur de traction-freinage, tachymètre, commande des portes, dispositif de veille automatique...), un système de diagnostic des avaries avec lequel le conducteur peut dialoguer par l'intermédiaire d'écrans tactiles.

En raison de la faillite de la société SOCIMI, le groupe ABB assure la poursuite du développement et de la fabrication de la partie mécanique dans ses usines de Derby et de York.

Le coût total du projet de tramway est de l'ordre de 2 milliards de francs, dont 365 millions pour le matériel roulant. La première rame devrait être livrée en février 1994, la mise en service de la ligne étant prévue pour septembre 1994.

*(D'après Avenir, année 1992, et Chemins de fer n° 413 - 1992/2, et avec la collaboration de Georges Muller, Chef du Service Etudes et Conception Tramway à la CTS)*



**MARSEILLE : EXTENSION DU MÉTRO A LA TIMONE**



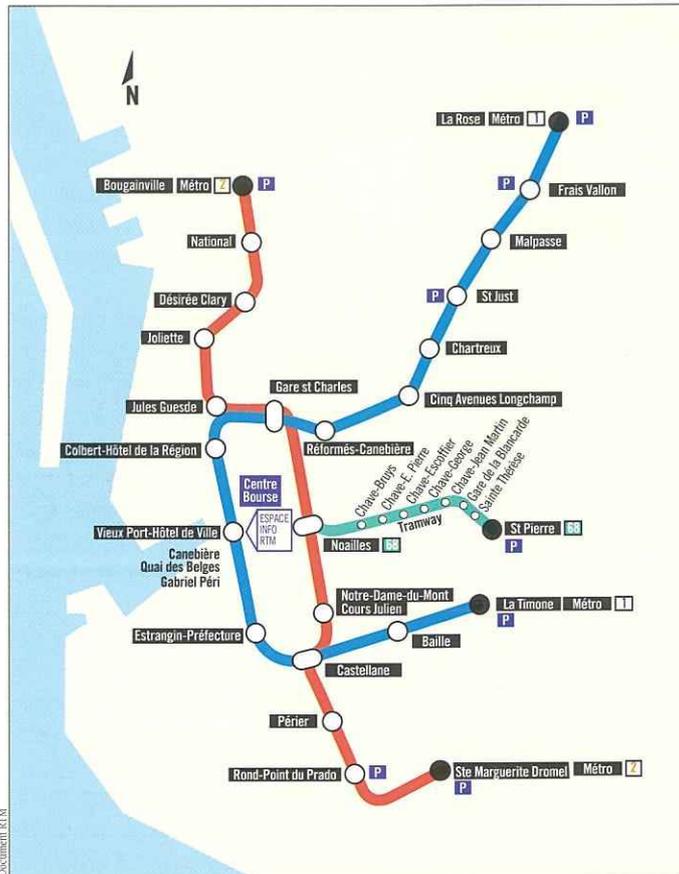
Au cours des deux dernières décennies, Marseille a mené une politique active de développement des transports en commun en se dotant d'un véritable réseau de métro formé de deux lignes mises en service par étapes successives de 1977 à 1987, en correspondance entre elles à la gare Saint-Charles et à la station Castellane, et avec le tramway à la station Noailles.

A l'évidence, ce réseau ne pouvait s'arrêter là et, dès le 27 avril 1987, la municipalité décidait de poursuivre la desserte par le métro de tous les quartiers de la ville en prolongeant la première ligne de Castellane à La Timone et la seconde de Bougainville à La Madrague.

Après l'obtention de la part de l'État, le 4 janvier 1989, des subventions nécessaires, la construction du premier prolongement de Castellane à La Timone a pu démarrer et est aujourd'hui achevée : le tronçon a été ouvert à l'exploitation le 5 septembre 1992 et inauguré officiellement par le Maire Robert-P. Vigouroux le 11 septembre.

Long de 1254 mètres, enterré à 19 mètres sous le boulevard Baille, ce nouveau tronçon permet de rejoindre très rapidement trois grands hôpitaux publics - Timone Adultes, Timone Enfants, La Conception - La Faculté de Médecine, celle de Pharmacie, une cité universitaire et divers ensembles d'habitations. Il comporte, à peu près à la moitié de son parcours, une station intermédiaire - Baille - dont le décor intérieur du bâtiment voyageurs, établi en mezzanine au-dessus des quais, évoque la République en général et Pierre-Marie Baille, Conventionnel marseillais et premier Administrateur du département des Bouches-du-Rhône.

Le terminus La Timone, situé boulevard Jean Moulin, est en liaison directe avec le parking souterrain des hôpitaux (un tarif préférentiel est proposé aux usagers du métro) et offre des correspondances avec plusieurs lignes de bus. Son hall, également en mezzanine au-dessus des quais, est revêtu de grès et de tôle émaillés d'un entretien aisé, dont la netteté et la brillance rappellent le monde



hospitalier et dont les coloris vert et bleu introduisent une cohérence avec l'identité de la Régie des Transports de Marseille (RTM). A La Timone, la médecine est reine : le sol de la mezzanine est orné d'une grande dalle triangulaire dans laquelle est incrusté le texte du Serment d'Hippocrate, une mini-galerie présente les portraits de six médecins marseillais célèbres et une fresque illustre le thème "L'hôpital, source de vie".

Au niveau des équipements électriques, citons deux nouveautés : l'utilisation de transformateurs "secs" dans les postes de redressement et celle de disjoncteurs de traction de type électronique.

Le métro de Marseille comprend désormais 20 km de lignes et 24 stations nominales. Il a assuré en 1991 plus de 200 000 voyages par jour. L'extension Castellane - La Timone devrait augmenter son trafic de l'ordre de 5% (chaque jour, on enregistre en moyenne 8500 entrées à La Timone et 2400 à Baille).

Outre l'extension précitée de la deuxième ligne du métro, approuvée par le conseil municipal le 27 novembre 1989, d'autres sections sont déjà projetées : La Rose - Château Gombert et Sainte-Marguerite - Saint-Loup... sans oublier, sur le tramway, Saint-Pierre - Les Caillols.

(D'après documents RTM)



**NOUVELLES ÉTRANGER**

**DUISBURG : UN TUNNEL POUR LE MÉTRO LÉGER**



La Duisburger Verkehrsgesellschaft (DVG), l'entreprise exploitante des transports urbains de Duisburg, ville située au nord de Düsseldorf, a mis en service le 11 juillet 1992 sur son réseau de métro léger six kilomètres de tunnels, avec cinq stations.

Ces tunnels permettent une traversée du centre-ville en souterrain, alors que celle-ci s'effectuait auparavant au niveau de la voirie. Ils sont empruntés par cinq lignes. Sur le tronçon "Gare centrale - König Heinrich Platz" commun à ces cinq lignes, ils comportent deux niveaux. Grâce à eux, des gains de temps allant jusqu'à cinq minutes peuvent être obtenus sur les trajets concernés.

Les cinq stations, conçues par des architectes et artistes différents, ont chacune un caractère bien particulier : ainsi, Rathaus (Hôtel-de-Ville) est peinte aux couleurs de la ville et ornée de fresques en émail, Duissen est revêtu de granit... Accueillant des matériels roulants n'ayant pas les mêmes largeurs et hauteurs de plancher, leurs quais ont nécessité des aménagements spécifiques. Elles sont par ailleurs dotées d'un système d'information voyageurs dynamique qui fournit, pour chaque destination, le temps d'attente du prochain train. Une minute avant son arrivée, s'affichent également les noms des stations desservies ainsi que certains renseignements d'ordre pratique, tels que la longueur du convoi. Les informations proviennent



d'un dispositif électronique de détection de la position et de suivi du mouvement des trains installé en tunnel.

Consécutivement à l'ouverture des tunnels, le réseau d'autobus a subi un profond remaniement dans le quartier de Neudorf, notamment la liaison avec l'université. Seules trois lignes ont échappé à la restructuration.

La mise en souterrain de la traversée du centre-ville de Duisburg a coûté au total quelque 1080 millions de Deutsche Mark (environ 3 700 millions de francs). L'État a pris en charge 55,9% du financement, le Land de Nordrhein-Westphalie 27,9% et la Ville 16,2%.

La création d'autres tunnels, sur la branche de Meiderich au nord, vient d'être engagée. Elle devrait s'achever en 1998.

(D'après Stadtverkehr, octobre 1992)

### KARLSRUHE : INTERCONNEXION MÉTRO LÉGER/RÉSEAU RÉGIONAL



Depuis le 25 septembre 1992, à Karlsruhe, les voyageurs en provenance de la banlieue est et utilisant la ligne régionale de Gölshausen pour se rendre en centre-ville, et vice versa, ne sont plus obligés de changer de mode de transport à la gare principale, située en périphérie. En effet, grâce à l'électrification du tronçon Grötzingen-Bretten et à la construction de 3 km de voies nouvelles de Grötzingen à Durlach, une interconnexion a été réalisée entre le réseau du métro léger, exploité par la Verkehrsbetriebe Karlsruhe (VBK), et la ligne précitée, exploitée désormais par



l'Albtal-Verkehrs-Gesellschaft mbH (AVG) alors qu'elle l'était auparavant par les Chemins de fer fédéraux (Deutsche Bundesbahn ou DB). De nouvelles voitures bi-courant circulent indifféremment et sans rupture de charge sur les voies des deux réseaux, alimentées respectivement en 750 V continu et 15 kV alternatif. Il s'agit d'une première en Allemagne qui marque un progrès considérable dans l'intégration des réseaux de transport! Les travaux d'infrastructures et d'équipements nécessaires ont coûté 70 millions de Deutsche Mark (environ 240 millions de francs). Leur financement a été assuré conjointement par le Gouvernement fédéral (60%), le Land du Bade-Württemberg (25%) et les communes concernées (15%). Le matériel roulant (10 véhicules), construit par ABB Henschel (bogies) et Düwag (caisses), a coûté 43 millions de Deutsche Mark (environ 150 millions de francs). N'ayant fait l'objet d'aucune subvention, il a été pris en charge en totalité par les collectivités locales.

L'opération ayant un énorme succès (la fréquentation de la ligne de Gölshausen a triplé), une seconde interconnexion est déjà en projet, entre Karlsruhe et Wörth, à 10 km à l'ouest de l'agglomération.

(D'après Elektrische Bahnen, septembre 1992, Nahverkehrs Praxis, septembre 1992, International Railway Journal, novembre 1992, et documents AVG)

### LONDRES : UN NOUVEL AUTOBUS À ÉTAGE



Le 8 septembre 1992, la Compagnie des bus de Londres (London Buses) a réceptionné, en présence du Ministre des Transports Steven Norris, le premier d'une commande de 23 exemplaires du nouveau modèle, version une porte, d'autobus à étage Spectra, issu de la firme britannique Optare. La livraison des suivants s'échelonnait sur l'année 1993.

Ces autobus rouleront sur la ligne 40 du London Central, entre Canary Wharf et Herne Hill. Ultérieurement, ils pourraient également équiper la ligne 3, qui relie Oxford Circus à Crystal Palace.

Ce véhicule a été présenté pour la pre-

mière fois à Birmingham en octobre 1991 au Salon Coach & Bus, mais en version deux portes. Le prototype a ensuite été mis à l'essai dès janvier 1992 sur le réseau de Reading. Et un second deux portes a également été livré fin septembre à Metroline, pour tests sur le réseau de Londres.



Le Spectra a une longueur de 10 m et une largeur de 2,5 m. Il offre 71 places assises, avec sièges individuels recouverts du même tissu bleu que ceux des classiques Routemasters rénovés, dont il a par ailleurs conservé la traditionnelle couleur extérieure rouge. Châssis et moteur sont de conception DAF. La carrosserie est en profilés d'aluminium extrudé, les différents éléments étant boulonnés pour faciliter les opérations de maintenance (procédé Alusuisse). Le confort est soigné : plancher bas pour l'accès des personnes handicapées, marches antidérapantes, espace important entre les sièges pour déployer les jambes, larges baies équipées de vitres teintées, climatisation, barres de maintien et boutons-poussoirs de demande d'arrêt de couleurs vives pour un meilleur repérage de la part des mal voyants, poste de conduite ergonomique...

Le véhicule satisfait aux normes européennes en matière de pollution et d'émissions de bruit. Son prix s'établit à 100 milliers de livres (environ 850 milliers de francs). Le Ministre Norris, faisant référence à l'importance des bus dans les transports londonniens, les a qualifiés de "Joyaux de la Couronne". Il a souligné le haut niveau des caractéristiques et performances de ce nouveau modèle mais il n'a rien laissé entendre quant à une éventuelle subvention qui permettrait d'en augmenter le parc.

(D'après London Central, information presse du 8 septembre 1992, Buses, janvier et novembre 1992, et London Direct, octobre 1992)

### LOS ANGELES : L'ÉCOLOGIE URBAINE EN VEDETTE

Qui n'a pas en tête les alertes de "smog", pollution de l'air qui affecte la majeure partie de cette agglomération de 14,2 millions d'habitants?

En effet, Los Angeles a massivement fondé son organisation urbaine et sa mobilité sur l'automobile (92 % des déplacements) depuis le début des années 20.

Pourtant, depuis quelques années, pollution et congestion routières, par leurs effets néfastes sur la santé et l'économie, ont obligé les autorités responsables de la ville à prendre trois types de mesures : développement des transports collectifs, meilleur taux de remplissage des véhicules privés, réglementation.

#### • Le renouveau des transports publics

Sur le premier point, 29 ans après la fermeture de la dernière ligne de la Pacific Electric Railway (900 km de trains et tramways), à son apogée en 1929, est inaugurée en juillet 1990 une première ligne de métro léger aérien, la "Blue Line".



Elle marque le début d'un vaste plan de redéveloppement des transports sur rails, dont une seconde étape vient d'être franchie avec l'ouverture des trois premières lignes de Metrolink (cf. encadré page 38).

Mais, malgré ces efforts, le transport purement public ou collectif (train, métro, bus) tient une place franchement faible : 4 à 5 % des déplacements sur l'ensemble de la région urbaine de Los Angeles (sensiblement plus si on se limite au Downtown et à ses échanges avec le reste du territoire).

#### • Le "pooling", une pratique courante

C'est plutôt du côté d'une meilleure utilisation des infrastructures routières et des véhicules privés qu'il faut chercher les indices d'une interprétation "à l'américaine" de la notion d'écologie urbaine.

Entre le transport public "pur" et la voiture particulière "pure", s'étend le



domaine intermédiaire que les Américains nomment HOV (High Occupancy Vehicle, par opposition à Single Occupancy Vehicle), ou encore Ride Sharing (voyage partagé). L'ensemble de ces modes intermédiaires, qui se présentent selon des formules extrêmement variées (Car pooling, Van pooling, Bus pooling, Park and Ride), représenteraient 15 à 17 % des déplacements (ce taux incorpore en fait la marche à pied et le vélo).

Il est intéressant de noter que l'ensemble de ces modes "alternatifs" est organisé, animé, géré par un acteur spécialisé, une entreprise à statut mixte (non-profit company) connue sous le nom de Commuters Computer. Cette entreprise, de taille modeste mais très dynamique et imaginative, a pour mission, au-delà de la promotion et de la

gestion du "pooling", de favoriser le développement de tous les modes alternatifs (y compris vélo, marche, etc.). ses modes d'actions sont essentiellement le traitement d'information et le marketing (elle publie une fois par an un document intitulé "The state of the commute").

• *Un chef d'orchestre : le SCQMD*

Enfin, l'existence de ces diverses formules n'a pu voir le jour que grâce à un cadre législatif et réglementaire à la fois souple et puissant : le vote en 1984 d'une loi visant la réduction de la pollution atmosphérique, le Clean Air Act, a entraîné la création d'une agence gouvernementale (californienne), chargée de sa mise en œuvre, le South Coast Air Quality Management District (SCQMD). Cette administration jeune et innovante est dotée de moyens significatifs, d'un

large territoire de compétences et d'un véritable pouvoir légiférant. Elle promulgue des "Regulations" (directives), dont l'une des plus récentes (1989), la Regulation Fifteen, est lourde de conséquences sur le transport urbain. Elle stipule notamment que toute entreprise de plus de cent personnes de la région de Los Angeles doit élaborer, une fois par an, un "plan de transport" pour son personnel, plan qui doit permettre que son ratio AVR - Average Vehicle Ridership (rapport du nombre de personnes venant travailler à l'entreprise sur le nombre de véhicules utilisés) - soit égal ou supérieur à 1,5. Tous les moyens (ou presque) étant bons pour y parvenir.

Ainsi, les entreprises ont tendance à devenir de véritables partenaires de la gestion des déplacements (et de l'évolution des comportements), sous la

curieuse houlette d'une agence chargée la pureté de l'air ! Quoi qu'il en soit, les résultats semblent probants : réduction de plus de 50 % de la pollution atmosphérique en dix ans et très légère croissance du taux d'occupation moyen des véhicules alors qu'il ne cesse de décroître partout ailleurs aux USA.

\*  
\* \*  
\*

La mise en place de cette démarche originale montre que la réponse à une croissance infinie de la demande de mobilité n'est plus seulement l'organisation et la planification des transports, mais également une meilleure organisation, voire une restriction de cette mobilité en fonction de nouveaux facteurs environnementaux.

Georges Amar

## La ville mise sur le rail

Le 26 octobre 1992, la Southern California Regional Rail Authority (SCRRA) a mis en service à Los Angeles les trois premières lignes du réseau de chemins de fer destiné à desservir la banlieue : le Metrolink. Ces trois lignes relient respectivement Union Station (la gare centrale) à Moorpark (situé à l'ouest dans le comté de Ventura), à Santa Clarita (au nord-ouest) et à Pomona (à l'est). Elles sont exploitées avec des voitures à étage provenant du constructeur canadien Bombardier, trac-

tées par des locomotives diesel de chez General Motors (mais il est question d'une électrification d'ici quelques années). La ligne de Pomona sera prochainement prolongée vers le comté de San Bernardino. En 1993, deux nouvelles lignes seront ouvertes, l'une à destination de Riverside, l'autre d'Oceanside, cette dernière traversant le comté d'Orange pour rejoindre celui de San Diego. Puis d'autres liaisons viendront compléter le réseau qui, à terme, totalisera 720 km et 70 gares et se placera ainsi au sixième rang des réseaux de

banlieue des États-Unis. L'investissement qui a été nécessaire pour les trois premières lignes de Metrolink est, matériel roulant compris, de 276 millions de dollars (environ 1,4 milliard de francs). Mais Metrolink ne représente qu'un volet du plan de redéveloppement des transports sur rails entrepris par les autorités locales. Après la mise en service en 1990 de la Blue Line, ligne de métro léger de 35 km de long entre Long Beach et le centre-ville exploitée par la Metropolitan Transportation Authority (MTA) et qui assure quoti-

diennement quelque 35 000 voyages, une ligne souterraine de métro classique à grand gabarit est en cours de construction : il s'agit de la Red Line qui reliera Union Station à North Hollywood sur une longueur de 28 km et dont le matériel sera fourni par la firme italienne Breda. Un premier tronçon de 7 km rejoindra Wilshire-Alvarado dès le début 1993 ; un deuxième tronçon atteindra entre 1996 et 1998 d'une part Wilshire Western et d'autre part Hollywood Vine ; et le troisième tronçon jusqu'à North Hollywood devrait ouvrir en 2001. Des extensions sont ensuite prévues à Beverly Hills et Westwoods. Le coût de la Red Line est estimé à 4 milliards de dollars (environ 21 milliards de francs).

Par ailleurs, ont débuté en septembre 1991 les travaux de réalisation de la Green Line, nouvelle ligne de métro léger "automatisable". Ce projet, estimé à 796 millions de dollars (environ 4 milliards de francs), prévoit une ligne d'une trentaine de kilomètres reliant Norwalk à El Segundo. Le matériel, qui devait être initialement entièrement automatique, sera finalement, pour des raisons de coût, d'un type similaire à celui de la Blue Line. Il pourra être transféré sur cette dernière lorsque l'automatisation totale de la Green Line sera décidée. (D'après Mass Transit, septembre-octobre 1992, et La Vie du Rail, 22-28 octobre 1992)



**SAN FRANCISCO :  
LES 20 ANS DU BART**



Le métro de San Francisco (Bay Area Rapid Transit ou BART) a fêté le 11 septembre 1992 ses vingt ans de service. L'événement a été marqué dans la ville par une grande cérémonie.

La construction du BART a été engagée en 1964, après le vote en 1962, par les trois comtés du Bay Area Rapid Transit District (Alameda, Contra Costa et San Francisco), d'une taxe locale pour en assurer le financement. Mais la première étude visant à résoudre les problèmes de transport de la région, notamment à la traversée de la baie, remonte à...1920. Cette étude, réalisée par G.W. Goethals, l'homme qui construisit le canal de Panama, envisageait déjà la jonction des deux rives par un tunnel immergé. Le projet a été repris en 1947 mais n'a finalement abouti que 42 ans plus tard, avec un tracé très proche de celui proposé à l'origine.

Le premier tronçon a donc été ouvert le 11 septembre 1972 entre Fremont et Mac Arthur dans l'Oakland nord (42 km, 12 stations). A la fin de la première journée d'exploitation, 1200 personnes avaient effectué leur "baptême du BART" et, à la fin de la première semaine, la ligne enregistrait un total de 100 000 voyageurs.

Les branches de Richmond et de Concord ont ensuite été ouvertes en janvier et mai 1973 respectivement, l'extension vers San Francisco en novembre de la même année. Les 5,8 km du franchissement subaquatique de la baie, situé à 45 m de profondeur, ont quant à eux été mis en service le 16 septembre 1974 et un service direct entre Richmond et San Francisco/Daly City a été instauré au cours de l'été 1980.

Si à ses débuts le BART a connu un succès plutôt timide en raison des difficultés d'ordre technique qu'il a rencontrées, sa fréquentation n'a cessé de croître au fil des ans : ainsi, depuis l'achèvement des 115 km du réseau en 1975, le trafic journalier a plus que doublé, passant de 120 000 à 250 000 voyages; cela représente un total annuel de 73 millions de voyages ; et les prévisions pour la fin du siècle sont de l'ordre de 300 000 voyageurs par jour. En 1991, la première phase d'un programme d'extension du réseau d'un montant de 2,6 milliards de dollars (environ 14 milliards de francs), destiné à augmenter de 50% sa longueur, a été lancée. Les travaux ont commencé en direction de Pittsburgh /Antioch à l'est du comté de Contra Costa, en direction de Dublin/Pleasanton à l'est du comté de Alameda, et vers Colma au nord du comté de San Mateo ; cette dernière station sera le point de liaison avec l'extension de l'aéroport de San Francisco prévue pour la fin de 1994.

Pour répondre à l'accroissement de la demande qu'entraîneront les nouvelles sections de lignes, une commande de 80 voitures supplémentaires a été passée auprès de Morrisson Knudsen Corporation, pour un coût de 141 millions de dollars (environ 750 millions de francs) ; la première livraison est prévue pour 1995. Parallèlement à ces opérations, un programme de rénovation du matériel et des installations est en cours pour un montant de 800 millions de dollars (environ 4,25 milliards de francs). Il concerne à la fois les voitures d'origine, dont la plupart ont accompli plus de 1,6 million de kilomètres, et les stations, dont tous les équipements ont besoin d'être renouvelés, sans oublier les ateliers, lesquels doivent recevoir des appareillages plus modernes.

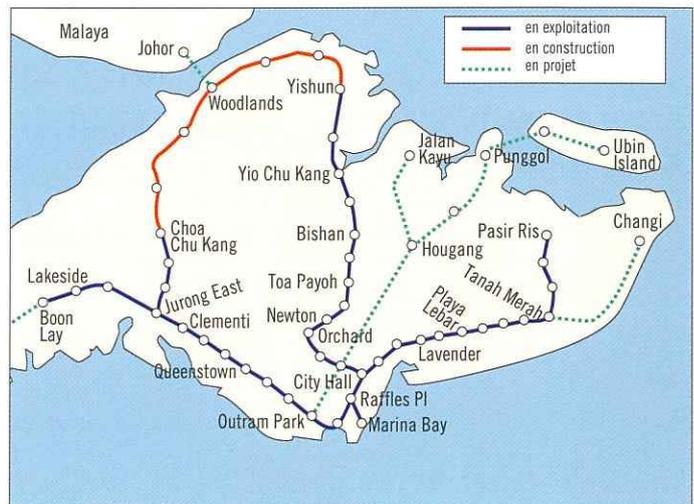
(D'après *Passenger Transport*, 28 septembre 1992)



**SINGAPOUR : 16 KM DE MÉTRO  
SUPPLÉMENTAIRES**



Bien que les contrats d'équipements ne soient pas encore tous signés, l'extension du métro de Singapour jusqu'à Woodlands, au nord-ouest de l'île, est en bonne voie : en effet, celle-ci a été lancée officiellement à la mi-juillet 1992 par les premiers travaux de terrassement, et la construction des infrastructures devrait pouvoir commencer dès le début 1993. La Singapour Mass Rapid Transit Corporation (SMRTC) reste confiante pour une ouverture en 1996.



Cette nouvelle extension, longue de 16 km, reliera en fait les deux terminus actuels de Choa Chu Kang et Yishun, via Woodlands et cinq autres stations : Yew Tee, Kadut, Marsiling, Admiralty et Sembawang. Elle formera donc une boucle desservant la partie centrale de l'île, désenclavant des quartiers peu peuplés et favorisant leur urbanisation.

Le réseau du métro de Singapour a bien progressé depuis la mise en service du premier tronçon de ligne, en novembre 1987, entre Yio Chu Kang et Toa Payoh : avec son dernier prolongement datant de la mi-90, il comprend aujourd'hui 42 stations sur 68 km de voies doubles, dont 45 en tunnel et 20 en aérien, les 3 km restants se trouvant au niveau du sol. Il a assuré en 1990/91 plus de 196 millions de voyages grâce à 66 rames de six voitures fournies par les industries japonaises Kawasaki.

Pour répondre aux besoins futurs de l'exploitation, la SMRTC a, en août, à la surprise générale, passé commande de 19 trains supplémentaires de six voitures au constructeur allemand Siemens, pour un montant de 259 millions de dollars de Singapour (environ 860 millions de francs). Le contrat porte sur la conception, la fabrication, la livraison, les essais et la mise en service du matériel, dont les spécifications techniques sont très proches de celui déjà en circulation. En particulier, les convois seront toujours dotés de cabines de conduite à chaque extrémité et les quatre voitures intermédiaires motorisées. Les nouveautés résideront pour l'essentiel dans l'utilisation de moteurs de traction à courant

triphase avec convertisseur à tension et fréquence variables, et en l'amélioration du système embarqué d'annonces aux voyageurs. Ce nouveau matériel sera livré à partir de septembre 1994.

Pour les quelque 130 000 personnes habitant le nord de l'île, la boucle de Woodlands va procurer des gains de temps importants : 15 minutes sur les trajets entre Woodlands et Orchard, 20 minutes sur ceux entre Woodlands et Jurong ...

Le projet, d'un coût de 1 milliard de dollars de Singapour (environ 3,3 milliards de francs), financé en totalité par le Gouvernement, prévoit à la station Woodlands certaines dispositions devant permettre, ultérieurement, une liaison avec Johor, dans la péninsule malaise. Mais il n'a pas encore été décidé si cette liaison se fera par métro classique ou par métro léger.

(D'après *International Railway Journal*, octobre 1992)



Pour compléter votre information,  
vous trouverez dans les derniers numéros  
de la Revue Générale des Chemins de Fer :  
- octobre 1992 :

• "L'INGÉNIERIE FERROVIAIRE FRANÇAISE À L'ÉTRANGER",  
numéro spécial réalisé avec la participation de Paul-André Bolgert, Alain Chenebier,  
Jean-Christophe Hugonnard, Guy Larrauffie et Jean-Claude Parpillon (SOFRETU) ;

- novembre 1992 :

• "L'ASSOCIATION POUR L'HISTOIRE DES CHEMINS DE FER EN FRANCE",  
par Jean Bouley, François Caron et Marie-Noëlle Polino,

• "VIGILANCE ET ATTENTION : QUELS RAPPORTS AVEC LA SÉCURITÉ FERROVIAIRE ?",  
par Jean-Georges Heintz, Pierre Messulam, Paul Millet et Philippe Mühlstein ;

- décembre 1992 :

• "CHEMIN DE FER ET ÉNERGIE", par Gérard Rigaud et Jean Ousten,

• "MÉTHODES D'ESSAIS DE FATIGUE ET MODELES D'ENDOMMAGEMENT UTILISÉS  
POUR LES STRUCTURES DE VÉHICULES FERROVIAIRES", par Alain Leluan.

## RATP Savoir-Faire

Directrice de la publication : Jacqueline Chabridon,  
Directrice du Département  
Communication publique

Directeur de la rédaction : Jean-Paul Perrin,  
Conseiller scientifique et technique  
au Département du Développement

Responsable de la publication : Jacques Kuentz,  
Département Communication publique (Médiathèque)

Rédaction - Secrétariat: Jean-Jacques Aubrun,  
Département Communication publique (Médiathèque)  
Tél.: (1) 49 57 87 04

Comité de rédaction : Jean-Jacques Aubrun, Michel Barbier, Pierre Beuchard,  
Philippe Bibal, Alain Chesnoy, Jean Chevrier,  
Alain Dassé, Georges Gonzaga, Alain Jeux, Jacques Kuentz,  
André Pény, Jean-Paul Perrin, Vincent Relave, Philippe Ventejol.

Assistant de rédaction  
Nouvelles France/Étranger : Yves Freté, Communication publique (Médiathèque)

Coordination des traductions : Franck Stéfanoïff, Communication publique (Médiathèque)

Diffusion - Abonnements : Myriam Pinsard,  
Communication publique (Médiathèque)  
8 avenue des Minimes - 94300 Vincennes  
Tél.: (1) 49 57 87 01 - Fax: (1) 49 57 87 20

Abonnement pour l'année 1992 : 160 FRF (France et étranger)

Conception, réalisation : Temps Public S.A.  
30 cours Albert 1er - 75008 Paris

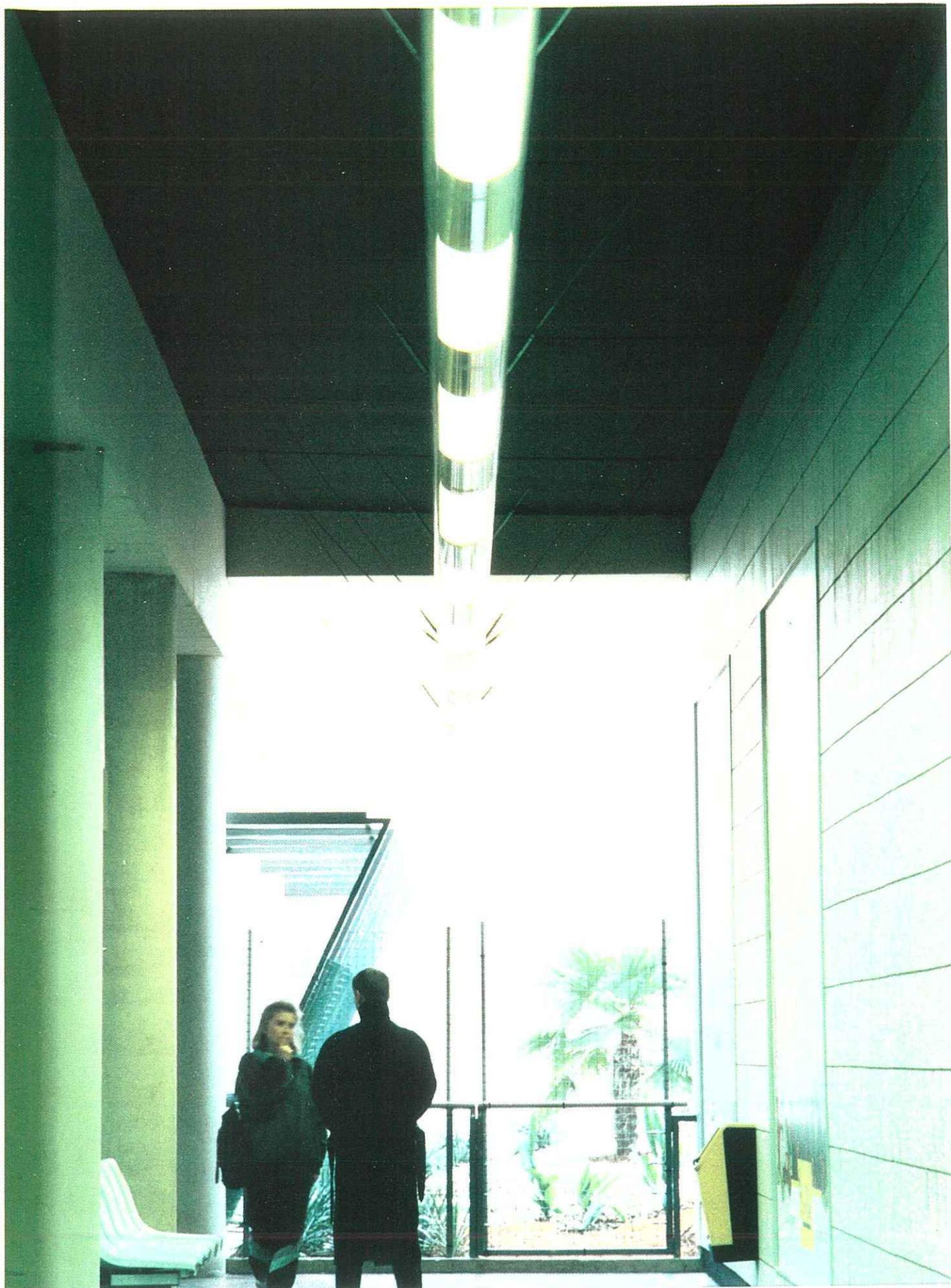
Photo de couverture : Gérard Dumax, Communication publique (Audiovisuel)

Imprimerie : Laboureur et Cie - Paris - Rosny (93)

Dépôt légal : n° 6162 - décembre 1992

Tirage : 12 000 exemplaires





Gare de Bussy - Saint-Georges (77) - 21/12/92 - RATP-COM/AV - B. Marguerite





# La RATP et Paristoric

associent leur  
**savoir-faire**  
pour vous transporter  
au cœur de Paris et de son histoire.

## Paristoric, une fresque éblouissante sur écran géant

■ **Séances** : 9h, 10h, 11h, 12h, 13h, 14h,  
15h, 16h, 17h, 18h, 19h, 20h, 21h.

■ **Tarifs** : - Individuels Adultes ..... 70f  
- Individuels tarifs réduits ..... 50f  
- Etudiants/-de 18 ans ..... 40f



78 bis boulevard des Batignolles  
75017 Paris  
Tél : 42 93 93 46  
Métro : Villiers ou Rome  
Bus : 30 - 53 - 66

