

# SAVOIR *faire*

N° 11 - 3<sup>e</sup> TRIMESTRE 1994 - 50 FRF

Métro aérien

## RAMSES, une génération au service des viaducs

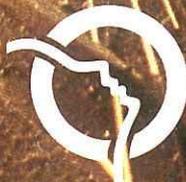
ICS  
un réseau  
informatique  
à bord  
des bus

SUROIT  
l'information  
multimodale  
à portée de  
main

MATERIELS  
FERROVIAIRES  
systèmes  
électroniques  
embarqués,  
maintenance et  
simulation

MATERIELS  
FERROVIAIRES  
architectures et  
validations de  
l'informatique  
embarquée

RATP



# Savoir-Faire

REVUE TRIMESTRIELLE ÉDITÉE PAR LA  
RÉGIE AUTONOME DES TRANSPORTS PARISIENS  
53 TER QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS  
75271 PARIS CEDEX 06  
ISSN : 1168-3392

## Directeur de la publication :

Vincent Relave,  
Délégation Générale à la Communication

## Directeur de la rédaction :

Jean-Paul Perrin,  
Conseiller scientifique et technique au  
Département du Développement

## Responsable de la publication :

Christian Patte,  
Médiathèque

## Secrétaire de rédaction :

Jean Tricoire,  
Médiathèque Tél.: (1) 49 57 87 05

## Comité de rédaction :

Michel Barbier, Martine Bellec-François,  
Pierre Beuchard, Philippe Bibal, Alain Chesnoy,  
Jean Chevrier, Alain Dassé, Georges Gonzaga,  
Alain Jeux, Christian Patte, André Pény,  
Jean-Paul Perrin, Vincent Relave, Jean Tricoire,  
Philippe Ventejol.

## Assistant de rédaction

### nouvelles France/étranger :

Yves Freté,  
Médiathèque

## Coordinateur des traductions :

Franck Stéfanoff,  
Médiathèque

## Conseiller à l'iconographie :

Gilbert Gaillard,  
Audiovisuel

## Diffusion - Abonnements :

Henrick Paszkowski,  
Médiathèque  
8, avenue des Minimes - 94300 Vincennes  
Tél: (1) 49 57 87 04 /Fax: (1) 49 57 87 20

## Vente :

uniquement par abonnement annuel  
Prix pour l'année 1995 : 200 FRF  
(France et étranger)

## Conception, réalisation :

Temps Public S.A.,  
30 cours Albert 1<sup>er</sup> - 75008 Paris

## Imprimerie : ICOM-Bezons (95)

**Dépôt légal :** n° 410 0047 - Octobre 1994

**Tirage :** 12 000 exemplaires

## Photo de couverture :

B. Chabrol, Audiovisuel

# E D I T O R I A L

**L**a qualité des services offerts par la RATP implique des innovations à tous les niveaux : conception, exploitation, maintenance.

Si les voyageurs sont directement sensibles à l'information qui leur permet de choisir leur itinéraire, ils perçoivent sans doute moins les efforts faits pour conserver le patrimoine architectural que représentent notamment les viaducs du métro aérien.

Quant à l'électronique et à l'informatique, désormais omniprésentes, ce n'est souvent qu'au second degré que leur efficacité est ressentie. Ces technologies interviennent dans la conception de systèmes plus performants et permettent d'améliorer la maintenance ; encore faut-il que ces outils soient accessibles aux utilisateurs, grâce à des interfaces "homme-machine" bien étudiées.



## 2 METRO AERIEN : Ramsès, une génération au service des viaducs

*ABOVE-GROUND METRO LINES: Ramsès, a generation in the service of metro viaducts*

*FREILUFT U-BAHN: Ramsès, eine Generation im Dienste der Viadukte*

*METRO AEREO : Ramsès, una generación al servicio de los viaductos*



RATP - COM/AV - R. Minoli

## 12 SUROIT : l'information multimodale à portée de main

*SUROIT: on hand intermodal information*

*SUROIT: multimodale Information in Reichweite*

*SUROIT : la información multimodal al alcance de la mano*



RATP - ICOM/AV - B. Chabrol

## 15 ICS : un réseau informatique à bord des bus

*ICS: a computer network on board buses*

*ICS: ein bordintegriertes Informatiksystem für Busse*

*ICS : una red informática a bordo de los buses*



RATP - COM/AV - G. Dumax

## 20 MATERIELS FERROVIAIRES : systèmes électroniques embarqués, maintenance et simulation

*RAILWAY ROLLING STOCK: on-board electronics, maintenance and simulation*

*SCHIENENFAHRZEUGE: eingebaute Elektronik, Wartung und Simulation*

*MATERIALES FERREOS : electrónica embarcada, mantenimiento y simulación*



RATP - COM/AV - D. Sullivan

## 26 MATERIELS FERROVIAIRES : architectures et validations de l'informatique embarquée

*RAILWAY ROLLING STOCK: architecture and validation of on-board computer systems*

*SCHIENENFAHRZEUGE: Ausführungen und Freigaben der eingebauten Informatiksysteme*

*MATERIALES FERREOS : arquitecturas y validaciones de la informática embarcada*



RATP - COM/AV - R. Roy

## 31 NOUVELLES RATP: Un nouveau Contrat de Plan Etat-Région ... FRANCE : Congrès UTP, Lille, Lyon, Sète ... ETRANGER : Londres, Berlin, Los Angeles, Mexico ...



Doc: Transport/ABB London

**METRO AERIEN :**  
**RAMSES, UNE GENERATION AU SERVICE DES VIADUCS**  
Datant du début du siècle, les appuis des viaducs du métro aérien sont "fatigués" ; il faut donc les changer. La RATP a mis au point une nouvelle méthode de Remplacement des Appuis Mobiles Sans Emploi de Soutènement : RAMSES. De Ramsès I à Ramsès IV, c'est toute une génération d'outils qui permet l'accomplissement de tels travaux sur l'ensemble des travées du métro.

 **ABOVE-GROUND METRO LINES:**  
**RAMSES, A GENERATION IN THE SERVICE OF METRO VIADUCTS**  
Erected at the beginning of the century, the supports of Metro viaducts are showing signs of "fatigue"; they need to be replaced. The RATP has developed a new method of carrying out replacement work on mobile supports without using a supporting structure. This is called RAMSES. Ramses I to Ramses IV are a complete generation of tools which assist the carrying out of such work on all Metro track panels.

 **FREILUFT U-BAHN:**  
**RAMSES, EINE GENERATION IM DIENSTE DER VIADUKTE**  
Die zu Beginn dieses Jahrhunderts erbauten Viadukt-Stützpfiler der Freiluft-U-Bahn werden "morsch" und sollten deshalb ersetzt werden. Die RATP hat eine neue Austauschmethode für mobile Stützpfiler - ohne jegliche Ausbaurbeiten - namens RAMSES entwickelt. Angefangen von Ramses I bis Ramses IV ermöglicht diese Baumaschinen-Generation die komplette Ausführung des Austausches aller U-Bahn-Stützpfiler.

 **METRO AÉREO :**  
**RAMSES, UNA GENERACION AL SERVICIO DE LOS VIADUCTOS**  
Los soportes de los viaductos estan cansados pues existen desde principios de siglo y ya es hora de cambiarlos. La RATP ha elaborado un nuevo método para reemplazar los soportes móviles sin recurrir a la contención : RAMSES. De Ramses I a Ramses IV, una nueva generación de herramientas permite realizar esta obra en el metro.

## METRO AERIEN

# Ramsès\*, une génération au service des viaducs

par Agustin Alvarez,  
Guillaume Pons et  
Jean-Claude Vany,  
Département Infrastructures  
et Aménagements

**C**onstruits entre 1900 et 1911, les viaducs du Métro parisien sont constitués de tabliers métalliques indépendants reposant chacun sur quatre appareils d'appui. D'un côté ils sont fixes, de l'autre ils sont mobiles pour permettre la dilatation. Ces appareils d'appui sont supportés par des colonnes en fonte ou des piliers en maçonnerie.

Les travées constituant les viaducs sont standardisées et peuvent être séparées en trois grandes familles :

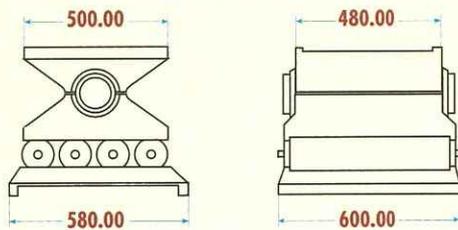
- les 236 travées courantes en interstation de 19,5 m ou 21,5 m ou encore 27,06 m reposant le plus souvent sur des colonnes ;
- les 65 travées des 13 stations aériennes, plus larges que les précédentes et beaucoup moins longues (15 m), reposant sur quatre points d'appui par file, deux en piliers maçonnés à l'extérieur, deux en colonne en fonte à l'intérieur ;
- les 13 travées de plus de 35 m et inférieures à 75 m, reposant sur des piliers maçonnés.

Les appareils d'appui ont une géométrie et une composition différentes selon les trois familles et selon la nature de l'appui. Hormis les appareils en station, ils sont tous équipés de rotules permettant la flexion longitudinale du tablier lors du passage des trains et, pour moitié d'entre eux, de rouleaux assurant la libre dilatation des tabliers sous l'effet des variations de température.

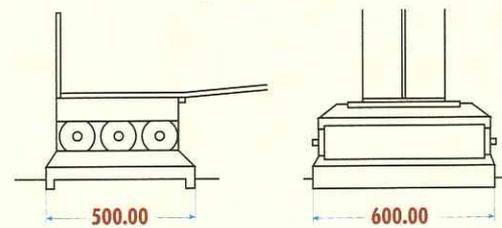
\*RAMSES : Remplacement  
des Appuis Mobiles Sans  
Emploi de Soutènement

## LES DIFFERENTS TYPES D'APPREILS D'APPUI

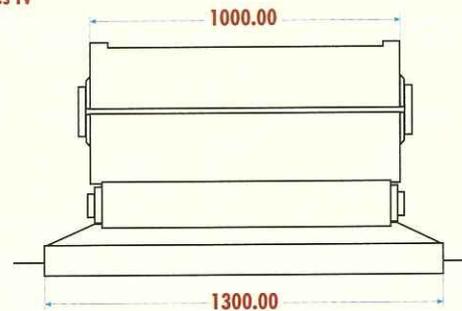
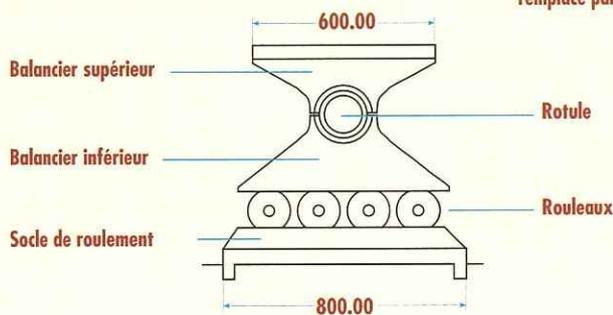
APPAREIL D'APPUI MOBILE DES TRAVES COURANTES  
remplacé par Ramsès II



APPAREIL D'APPUI MOBILE DES TRAVES EN STATION  
remplacé par Ramsès III



APPAREIL D'APPUI MOBILE DES GRANDES TRAVES  
remplacé par Ramsès IV



## LES APPUIS DES VIADUCS SONT FATIGUES

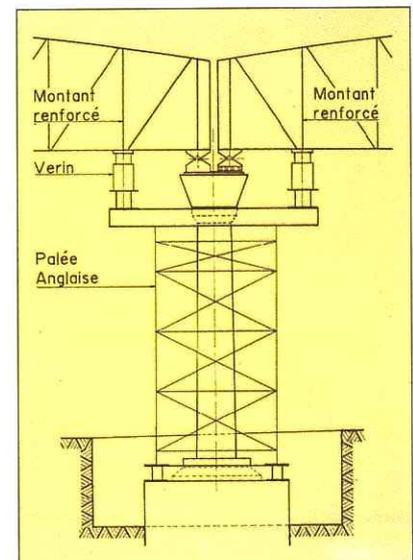
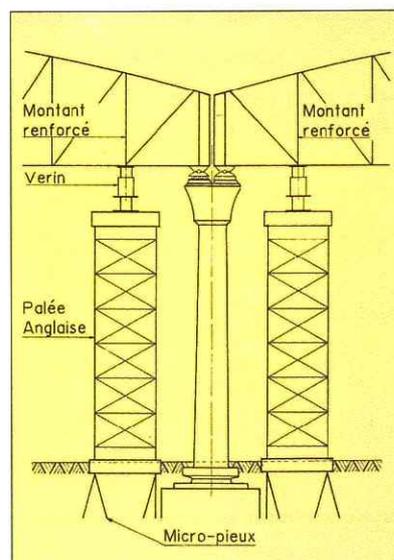
Cependant, en raison d'une part de l'augmentation du poids des trains et des cadences de passage, et d'autre part à cause de l'impossibilité d'un graissage efficace et régulier, les rouleaux se sont progressivement "grippés" par aplatissement et engravement. Les appareils d'appui ne jouant plus leur rôle de "dissipation" des efforts, ces derniers ont été transmis aux têtes des colonnes et des piliers, engendrant des contraintes internes inadmissibles.

Ce phénomène a rapidement été mis en évidence, en constatant d'une part l'épaufrure des arêtes des couronnements des piliers autour des appareils d'appui, d'autre part l'apparition de fissurations importantes dans la pierre des piliers entre ces mêmes appareils.

Aussi la RATP a-t-elle procédé dans un premier temps à l'enrobage des piliers maçonnés en péril par une couche d'environ 10 cm de béton armé d'un treillis soudé reproduisant fidèlement leur aspect extérieur. Puis, afin de s'attaquer à la véritable cause des désordres constatés en renouvelant les appareils d'appui mobiles, elle s'est dotée dans les années cinquante de tours métalliques de soutènement : on plaçait ces dernières de part et d'autre d'un appui endommagé afin de répartir symétriquement les efforts lors du levage et du remplacement de l'appareil d'appui. Cette méthode

était très longue et très onéreuse, notamment lorsqu'il était nécessaire de réaliser des fondations profondes pour assurer la stabilité des tours de soutènement ou "ponter" un ouvrage concessionnaire ne supportant pas la surcharge.

C'est pourquoi, dans les années soixante-dix, l'idée germa au sein du service des aménagements et de l'entretien, de positionner la tour



Anciennes méthodes de remplacement des appareils d'appui mobiles : à gauche, tours de soutènement de part et d'autre de la colonne ou du pilier ; à droite, la tour de soutènement ceinture le pilier maçonné ou la colonne.

autour des appuis en les ceinturant et en utilisant comme appui leur propre massif de fondation. En suivant la même démarche, il est apparu possible de reporter les points d'appui de l'opération de levage du soubassement de l'appui à sa tête, évitant ainsi toute mise en place de tour de soutènement.

La concrétisation de l'idée initiale par un projet détaillé, puis par la mise au point du prototype Ramsès, dura de 1982 à 1986, date du premier test de levage.

Dans un premier temps, ce fut naturellement vers les travées standardisées à appuis sur colonnes, les plus nombreuses, que s'orientèrent les recherches.

## LA DYNASTIE RAMSES

Le prototype de Ramsès (R1) étant opérationnel, son utilisation était au début encore peu aisée et ne convenait pas à la totalité des appuis des travées courantes. Ainsi fut conçu Ramsès II, utilisable pour les piliers et les colonnes des travées courantes, plus léger car principalement en alliage d'aluminium, et plus facile à mettre en place.

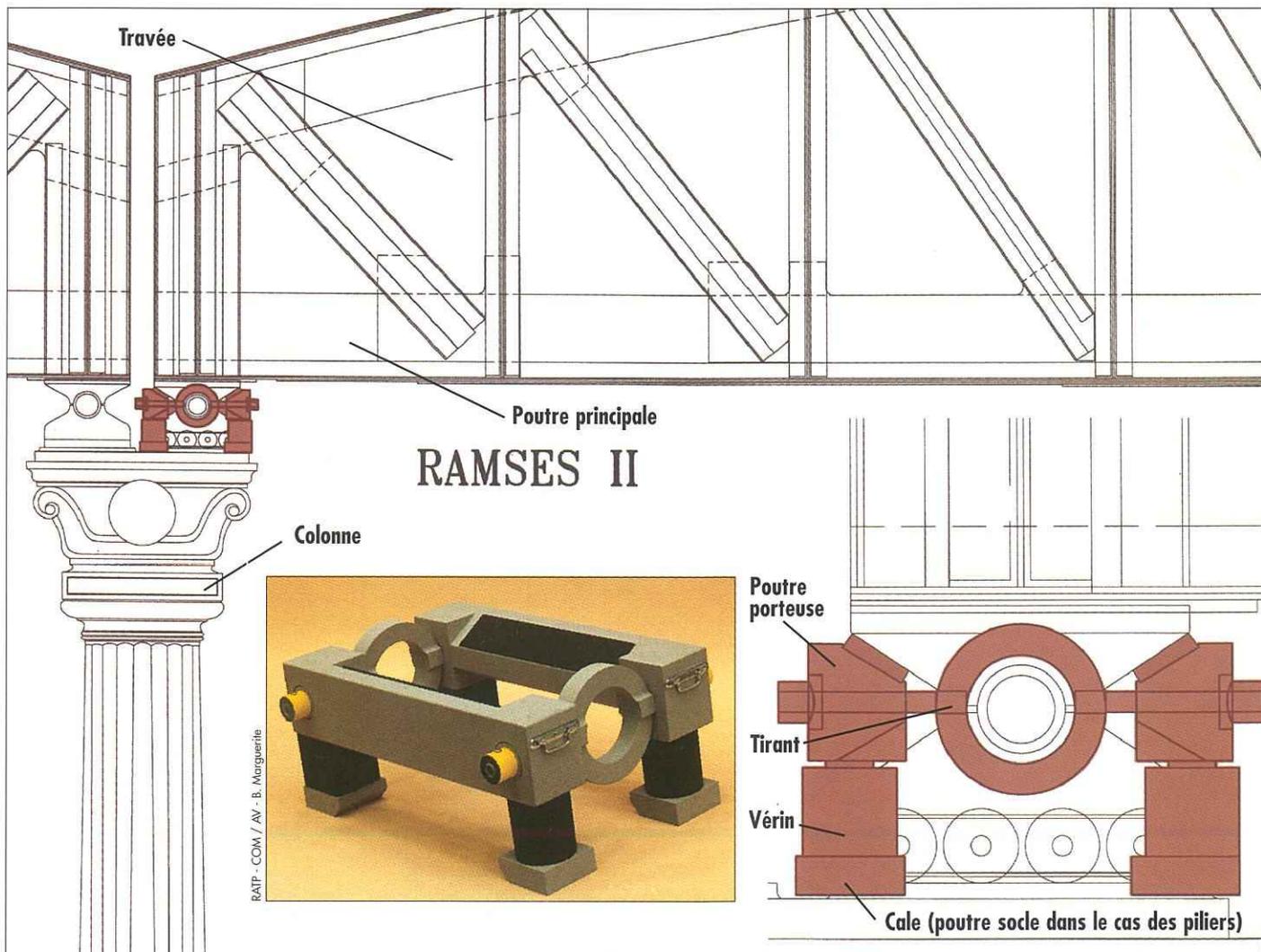
### Ramsès II

Il se compose de trois parties ayant des fonctions différentes :

- deux poutres socles (dans le cas des piliers) en alliage d'aluminium à pan coupé venant s'ajuster sur les bords inclinés de la platine de répartition située entre l'appareil d'appui et le couronnement en pierre ; elles constituent un support plan pour les quatre vérins et sont reliées entre elles par deux tirants en acier ;
- quatre vérins d'une poussée de 50 tonnes et reliés au système hydraulique ;
- deux poutres porteuses en alliage d'aluminium venant se placer entre le balancier inférieur et le balancier supérieur pour transmettre la poussée verticale à ce dernier et soulever le viaduc ; elles sont reliées par deux tirants en acier.

Dans le cas des colonnes, il n'est pas nécessaire d'utiliser des poutres socles, car les vérins peuvent prendre appui directement sur le couronnement en fonte (illustré ci-dessous).

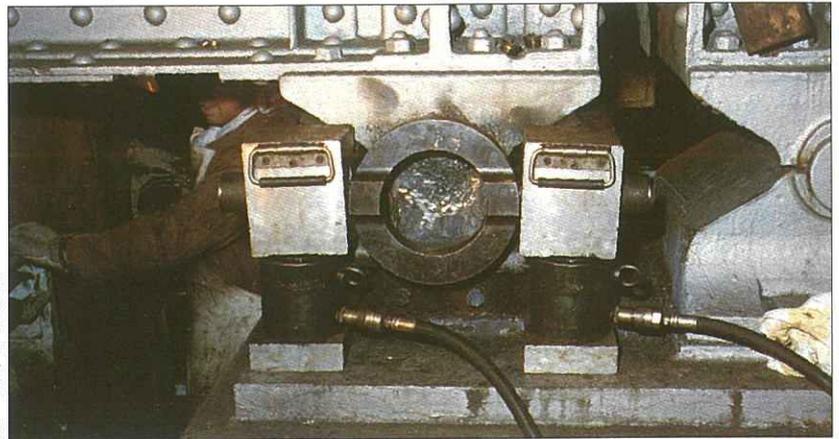
Que ce soit pour les colonnes ou les piliers, le système symétrique Ramsès II ne modifie pas de façon sensible l'état des contraintes dans la poutre principale de la travée concernée et ne modifie que légèrement celui du couronnement pierre ou fonte. Il n'est donc plus nécessaire de prévoir des





RATP - COM / AV - J. Thibout

Appareil d'appui mobile préparé pour son remplacement.



RATP - COM / AV - J. Thibout

Mise en place du système Ramsès II.

confortements avant les opérations de levage, ce qui engendre un gain de temps substantiel.

Deux autres améliorations importantes ont vu le jour avec Ramsès II par :

- la mise au point d'une nacelle atelier et l'achat d'un chariot élévateur évitant les manutentions d'un échafaudage, permettant la création d'une large plate-forme de travail aménagée au niveau et autour du couronnement de l'appui en s'affranchissant de l'encombrement au sol ;

- la réalisation d'un appareil d'appui sur mesure ne nécessitant plus d'adaptation au site et permettant la rotation longitudinale et transversale, ainsi que le déplacement longitudinal et transversal.

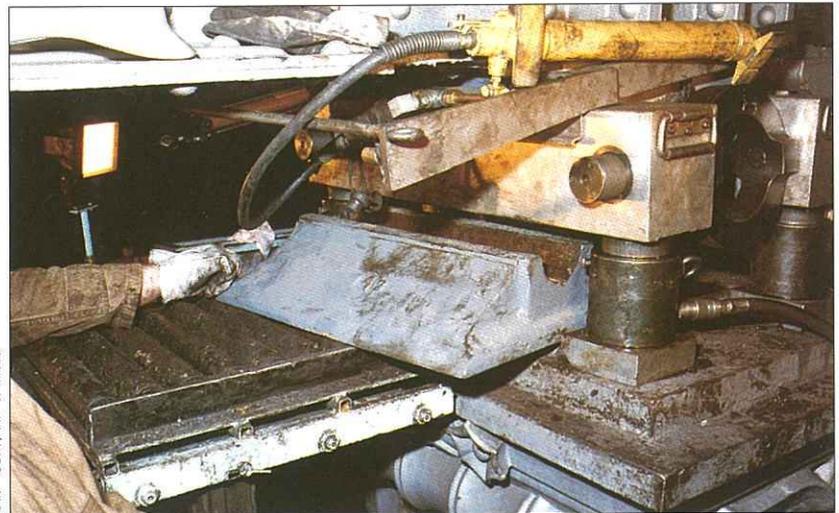
Grâce à ces nouveaux équipements, le remplacement d'un appareil d'appui mobile d'une travée courante ne dure plus qu'une nuit (entre 15 jours et 1 mois avec les soutènements) et revient à environ 40 KF contre 150/250 KF précédemment (chiffres obtenus sur la base de 80 appareils d'appui changés par an).

### Ramsès III

En 1992, une fois l'opération Ramsès II bien rodée, le bureau d'études d'ITA/AMOF a entrepris la mise au point d'un système adapté au remplacement des 260 appareils d'appui mobiles des stations aériennes : Ramsès III

Le principal problème rencontré fut la spécificité des appareils d'appui des piliers : les travées étant presque aussi larges que longues, elles furent considérées comme rigides et les concepteurs de l'époque ne prévirent pas d'articulation des appuis mobiles. Il en résulta donc une géométrie simplifiée pour les appuis à rouleaux : la poutre principale de la travée repose sur les rouleaux par l'intermédiaire d'une simple platine rectangulaire. Il était donc impossible comme pour Ramsès II d'utiliser la genouillère supérieure de l'articulation pour servir d'interface à la transmission de l'effort de poussée des vérins. Cette particularité faillit rendre impossible cette opération. Mais ce problème de confinement put être résolu : l'idée vint de concevoir une poutre spé-

RATP - COM / AV - J. Thibout

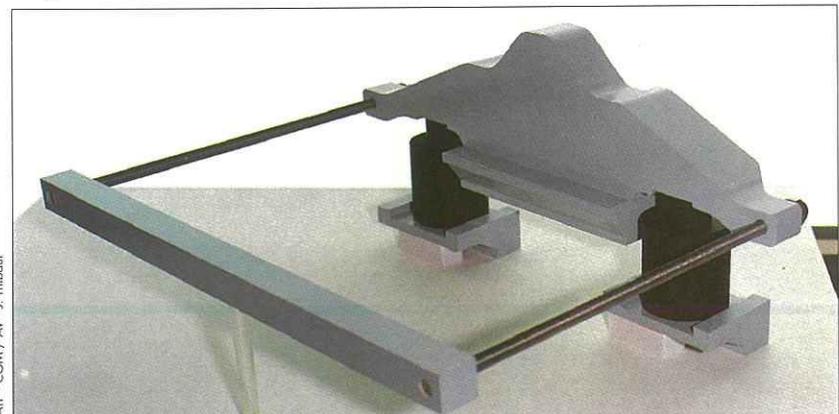


Dépose du balancier inférieur et de la rotule.



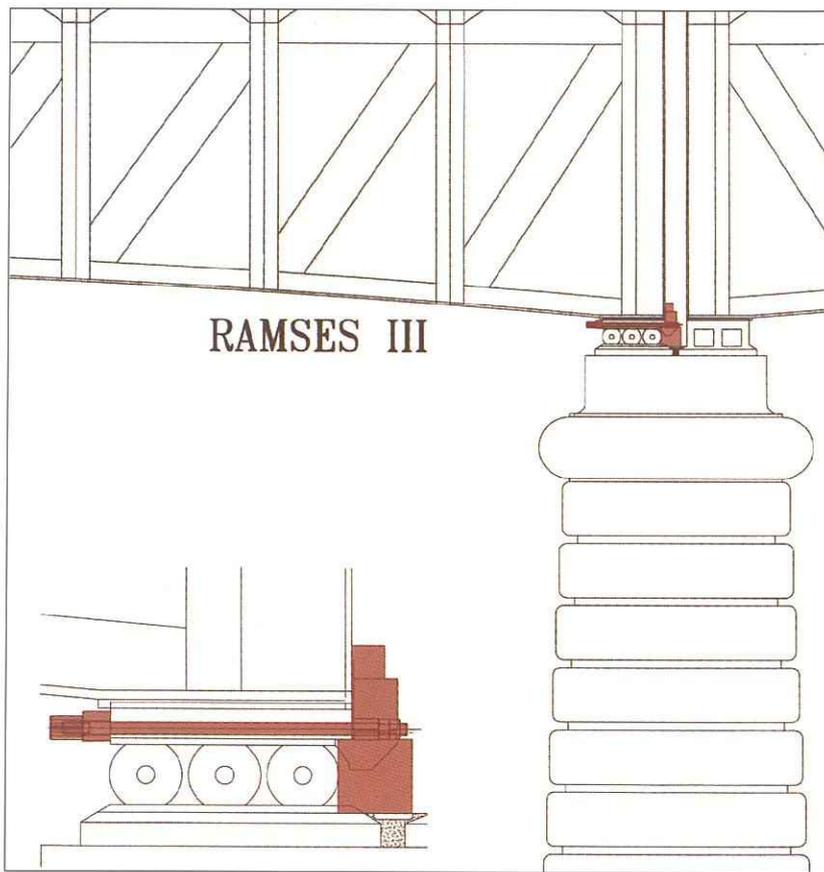
RATP - COM / AV - J. Thibout

Mise en place du nouvel appareil d'appui.



RATP - COM / AV - J. Thibout

Maquette de Ramsès III.



ciala en acier à haute résistance, venant se placer entre les deux poutres principales à treillis et se calant sur celle concernée par le levage : cette poutre possède un ergot venant "accrocher" la sous-face de la platine rectangulaire solidaire de la poutre principale de la travée concernée. Sa stabilité est assurée par un cerclage autour de cette platine rectangulaire, composé de deux tirants et d'une poutre simple.

Après création d'un support plan entre les bases des deux appareils d'appui par l'utilisation d'un mortier de résine et de plaques d'acier, il "ne reste plus" qu'à placer les deux vérins de 50 tonnes sous la poutre à ergot, à mettre la pression (500 bars), à retirer les rouleaux et à insérer l'appareil d'appui mobile fait sur mesure comme dans le cas de Ramsès II.

Pour les deux colonnes situées à l'intérieur de la file d'appuis, le système est plus simple car trois vérins prennent appui directement sur le couronnement en fonte et exercent leur poussée sur la poutre principale de la travée concernée par l'intermédiaire d'une simple cale.

Cependant, une contrainte supplémentaire survient lors des essais : la trop grande rigidité transversale des travées imposa de lever trois appuis sur quatre à chaque remplacement d'un appareil d'appui mobile d'une même file d'appuis.

Contrairement à RII, et c'est là sa grande particularité, le système RIII est dissymétrique : il a pour effet de déplacer la réaction d'appui vers le centre du pilier. Cela ne pose aucun problème pour le montant de la poutre principale, mais peut en poser pour les piliers dont le centre du couronnement présente une pierre désagrégée. C'est le cas lorsque le blocage des rouleaux a provoqué une fissuration du centre du couronnement, permettant aux eaux de ruissellement d'attaquer la pierre. Il faut alors injecter le couronnement en pierre avant de procéder à l'opération de levage.

C'est ainsi que Ramsès III prit place aux côtés de Ramsès II pour permettre à "l'équipe Ramsès", créée depuis 1989, de continuer sa grande campagne de remise en état des appuis du métro aérien. Avec Ramsès III, le chariot élévateur muni de sa nacelle atelier et un camion nacelle supplémentaire, il est actuellement possible de remplacer tous les appareils d'appui mobiles d'une station aérienne en quatre semaines, soit un peu plus d'un appui par nuit. Le prix de revient est d'environ 900 KF (fourniture, main-d'œuvre, amortissement du matériel), soit 45 KF par appui.



◀ En haut : Ramsès III est mis en place.  
En bas : enlèvement des rouleaux.

RATP - A. Alvarez

RATP - A. Alvarez

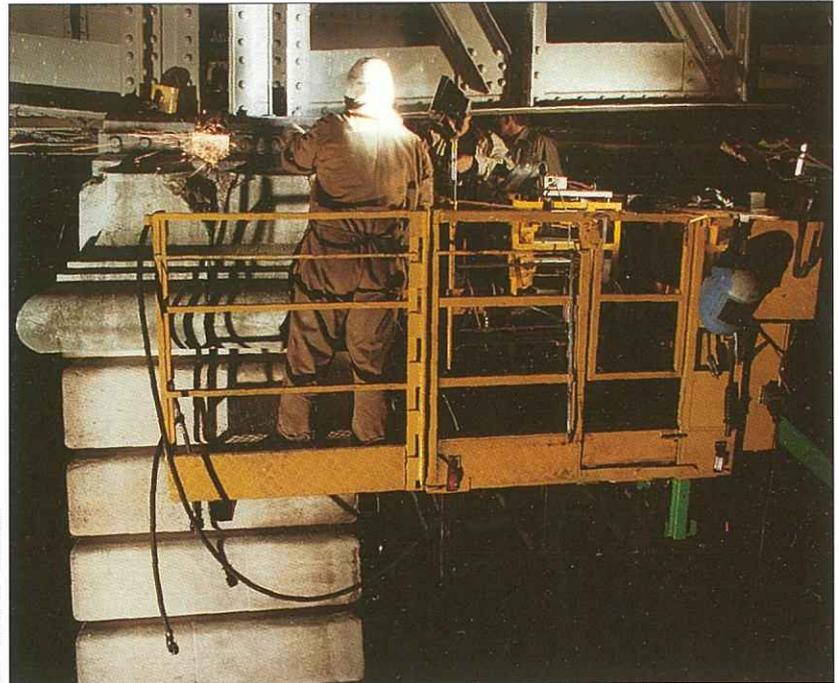
## L'EQUIPE RAMSES ET SON MATERIEL

Le prototype Ramsès avait été conçu par le bureau d'études du service des aménagements et de l'entretien, puis réalisé et utilisé par une entreprise de serrurerie sous la surveillance des agents des "Travaux". Lorsqu'il fut décidé d'améliorer ce prototype ainsi que sa manutention, il fut également envisagé de créer une structure ad hoc composée d'agents RATP, qui, dotée d'un matériel adéquat, aurait pour but de remplacer l'ensemble des appareils d'appui mobiles du métro aérien.

C'est ainsi que fut créée l'équipe Ramsès au sein de l'entité Urgences d'ITA/AMOF, par appel au volontariat à partir de 1989. Actuellement basée sous la station Chevaleret dans un hangar d'environ 60 m<sup>2</sup>, elle se compose de deux agents de maîtrise et de quatre techniciens venant d'horizons variés mais possédant chacun un métier de base : un plombier, deux serruriers et un maçon. Tous les quatre ont participé à des stages de formation technique, comme par exemple la soudure à l'arc, le découpage à l'oxygène et à l'acétylène, afin de pouvoir assumer leur nouvelle fonction au sein de l'équipe. Ils ont été de plus formés sur le tas aux opérations délicates de vérinage des tabliers de pont.

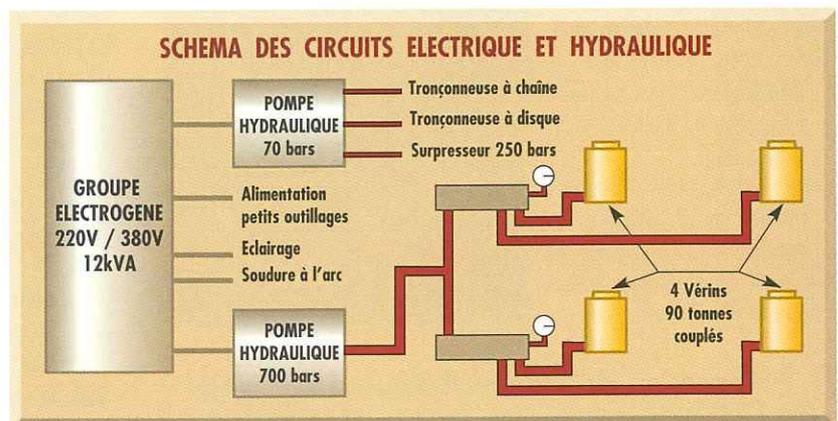
Afin de mener à bien dans toutes les circonstances les opérations de levage, cette équipe a dû maîtriser des notions d'électricité, de motorisation Diesel, d'hydraulique. Ces connaissances sont nécessaires à l'installation du chantier, à l'entretien et éventuellement au dépannage d'urgence des différents groupes et engins de chantier.

Ce sont ces compétences variées, mais aussi une bonne entente et un sens des responsabilités, qui permettent à cette équipe de faire face quotidiennement aux aléas du chantier.



RATP - COM / AV - G. Dumax

La nacelle atelier "Cléopâtre".



RATP - COM / AV - R. Minoff

L'équipe Ramsès en intervention

## DEUX NUITS A NATIONALE AVEC RAMSES IV

### Première nuit

#### Approvisionnement, installation de chantier

C'est vers 22 h 30 que tout commence dans le petit hangar situé sous la station Chevaleret de la ligne 6. Les cinq agents RATP revêtent leur équipement de chantier, effectuent le tri et le chargement du matériel et des fournitures nécessaires à l'opération Ramsès IV et préparent la sortie des engins de chantier.

A 23 h 30, le convoi part vers la station Nationale. Il se compose d'un camion nacelle servant à accéder aux faces du pilier qui ne peuvent être équipées d'un échafaudage, du chariot élévateur type Merlo et de sa remorque supportant la nacelle atelier, d'un camion aménagé en vestiaire-transport de l'énergie et d'une camionnette d'appoint pour le transport de l'échafaudage.

A 23 h 45, le convoi est sur place : les agents prennent possession de la petite emprise de chantier autour du pilier concerné, et y installent l'échafaudage contre tous ses côtés accessibles.

La plate-forme de travail est équipée : raccordements électriques pour l'éclairage, le fonctionnement des groupes de tronçonnage et de soudage, et raccordement aux bouteilles d'oxygène et d'acétylène pour le découpage.

Vers 0 h 45, l'installation du chantier étant terminée, les agents effectuent des prises de mesure et photos pour la réalisation d'états statistiques.



RATP - COM / AV - B. Chabrol

#### Préparation de l'appareil d'appui au levage

Vers 1 h 15, afin de pouvoir soulever l'appareil d'appui et retirer les rouleaux, il est nécessaire de procéder à trois opérations préalablement à l'installation du système Ramsès IV.

1/ Solidarisation du balancier inférieur (1100 kg) et du balancier supérieur, par fixation de quatre brides situées de part et d'autre de la rotule après percement et taraudage.

2/ Réalisation de deux saignées de part et d'autre de l'appareil afin de positionner les poutres socles : utilisation d'une tronçonneuse à diamant. Durée : une demi-heure.

3/ Découpage au chalumeau des axes de fixation des rouleaux afin de pouvoir procéder à l'enlèvement de ces derniers une fois le viaduc levé (nuit 2) ; durée, une demi-heure.

#### Mise en place du système Ramsès IV

Vers 3 h 15, il est enfin possible de commencer le positionnement du Ramsès IV, en 5 phases.

1/ Mise en place des poutres socles et des tirants assurant leur stabilité, en utilisant le camion nacelle léger pour l'approvisionnement et en faisant la manipulation à la main, les pièces n'étant pas trop lourdes (35 kg et 10 kg).

2/ L'opération la plus délicate est le positionnement des deux poutres porteuses (150 kg) : le chariot élévateur vient accrocher les deux poutres placées sur la remorque de la nacelle par l'intermédiaire des crochets d'un bouclier permettant le réglage de leur écartement. Il se place perpendicu-



RATP - COM / AV - G. Dumas

lairement au viaduc. Le bras télescopique multidirectionnel est actionné pour amener les poutres au niveau de l'appareil d'appui. La mise en place des poutres va alors se faire par avancement du chariot élévateur et réajustement régulier en utilisant le correcteur de dévers, l'allongement du bras et sa rotation, ainsi que par le déplacement latéral de l'ensemble du bras.

3/ Les tirants assurant la stabilité des deux poutres porteuses sont alors glissés dans les poutres de part et d'autre de l'appareil d'appui et les écrous sont vissés. Les vérins sont mis en place entre les poutres socles et les poutres porteuses et il est procédé à leur calage par des cales en aluminium (même nature que les poutres).

4/ Il est alors possible de décrocher les deux poutres porteuses et le chariot élévateur retourne à son emplacement de stationnement. Il est 4 h 45.

La première nuit se termine par le sanglage des vérins, l'amarrage de l'échafaudage, le repliement de la protection routière, le nettoyage du chantier et le retour vers la base-vie de Chevaleret vers 5 h 30.



RATP - COM / AV - B. Chabrol

### Deuxième nuit

#### Mise en pression, levage et retrait des rouleaux

Après l'acheminement du matériel, il est procédé à l'installation du chantier. Vers 0 h 45, à la fin de cette opération, un agent se dirige vers la station la plus proche du chantier pour procéder à sa "couverture" : une fois le dernier train de voyageurs passé, il met en place, sur les voies, deux lanternes rouges de part et d'autre du chantier afin d'arrêter un éventuel train de travaux (les systèmes Ramsès ne supportent pas les surcharges d'exploitation).

Il est alors possible de procéder à l'essai de vérinage, c'est-à-dire à la mise en pression afin de ne soulever le viaduc que de 1 millimètre environ (200 à 300 bars), puis au déverinage pour contrôler la bonne position des vérins.

Lorsque tout est en ordre, il est alors procédé au levage de la travée de 1 à 2 centimètres en fonction de l'importance de l'en-



RATP - COM / AV - B. Chabrol

gravement des rouleaux dans la platine de répartition, toujours avec une pression de 350 à 400 bars répartie sur quatre vérins de 90 tonnes couplés hydrauliquement. Ce dernier est terminé vers 1 h 45.

L'opération d'enlèvement des rouleaux est délicate et pénible car ceux-ci sont souvent solidarisés à la platine et leur poids est de 160 kg. Ces rouleaux sont évacués par le chariot élévateur à l'aide du plateau à billes. Dès que les quatre rouleaux sont retirés, deux cales sont mises en place afin de parer à tout problème et à rétablir l'horizontalité du balancier inférieur par dévérinage. La platine et la sous-face du balancier inférieur sont alors dégraissées et nettoyées par ponçage ; il est 2 h 30.

Il n'est cependant pas nécessaire de supprimer totalement les engravures, car le nouvel appareil d'appui possède deux plaques de répartition qui peuvent les supporter. Dans le cas contraire, cette activité de ponçage deviendrait une des tâches les plus longues de la nuit !

### Mise en place, fixation et réglage du nouvel appareil d'appui

Vers 3 h 15, un nouveau levage a permis de retirer les cales et de positionner deux plaques de Téflon permettant une mise en place aisée du nouvel appareil d'appui (500 kg).

Le chariot élévateur va alors aller soulever l'appareil d'appui situé sur la remorque de la nacelle atelier, le positionner sur le plateau à billes, enfourcher ce dernier et venir le placer au niveau de la platine du couronnement. Les butoirs du plateau à billes sont alors retirés et l'appareil d'appui est glissé jusqu'à sa position définitive sous le balancier inférieur.



RATP - COM / AV - B. Chabrol

Après sa mise en place entre la platine et le balancier inférieur, il est nécessaire de procéder à sa fixation sur le balancier inférieur afin de l'empêcher de cheminer. Il est alors possible de le mettre en charge par dévérinage.



RATP - COM / AV - B. Chabrol

Vers 4 h 30, le système Ramsès IV est enlevé de la même manière qu'il a été installé, les balanciers inférieur et supérieur sont solidarisés par soudage à la place des brides qui sont retirées et il leur est appliqué une couche de peinture afin de les protéger.

Après repliement des circuits électrique et hydraulique, de l'échafaudage, de la protection routière et le nettoyage soigné du chantier, l'équipe Ramsès retourne vers sa base de Chevaleret.

A 5 h 30, l'opération Ramsès IV est terminée.

Il faut en effet rappeler que toute opération de remplacement commencée doit impérativement s'achever avant la reprise de l'exploitation : les systèmes de levage ne peuvent pas supporter les surcharges dues aux mouvements des trains. Cela signifie qu'une fois l'appareil d'appui usagé retiré, à toute panne du système hydraulique, du groupe électrogène, des engins de levage, à toute fausse manipulation ou défaillance humaine, il faut trouver un remède rapide et fiable pour permettre le passage des trains à l'heure prévue.

L'organisation du travail et le management de cette équipe sont assumés par un contremaître qui peut remplacer un des membres de l'équipe en cas de besoin. Il participe en outre à l'amélioration constante des matériels et engins nécessaires aux opérations Ramsès en relation avec le bureau d'études et le CHSCT. Il parvient à remplir sa lourde tâche grâce au soutien constant d'un agent de maîtrise du bureau d'études, "en charge" des Ramsès depuis l'opération Ramsès III.

Ainsi, au fil des années, les moyens matériels de l'équipe se sont étoffés et ont évolué dans un souci constant de diminution des efforts de manutention répétitifs et pénibles pour les quatre agents. Ces moyens matériels accrus ont de plus permis d'obtenir de meilleures cadences de remplacement des appareils, ce qui a engendré un retour sur investissement à chaque fois très rapide.

Depuis 1989, les investissements en moyens matériels pour l'équipe Ramsès peuvent être évalués à environ 3,5 millions de francs selon la répartition suivante :

- base vie, installation de chantier et plate-forme de travail : 1,8 MF dont 1,4 MF pour le chariot élévateur multidirectionnel, la nacelle atelier et sa remorque ;
- énergie, gros matériel de soudage et découpage : 0,3 MF ;
- systèmes de levage Ramsès II, Ramsès III et Ramsès IV, y compris accessoires, vérins, flexibles et pompes hydrauliques : 1,2 MF dont 0,7 MF de frais d'études pour les mises au point des prototypes.

### RAMES IV POUR LES GRANDES TRAVÉES AERIENNES

Ramsès II et III étant opérationnels, il ne restait plus que les grandes travées à ne pouvoir être traitées sans employer la méthode classique des soutènements à tours. Or, deux d'entre elles situées à proximité immédiate des stations Nationale et La Motte-Picquet - Grenelle étaient fortement "malades" depuis quelques années, toujours pour la même raison : l'éternel blocage des rouleaux empêchant la dilatation normale de ces deux travées de 40 et 50 m de longueur.

Lors d'importants écarts de température, les efforts alors transmis aux couronnements des piliers en pierre étaient tels que ces derniers avaient ten-

dance à se déchirer littéralement selon un axe vertical situé entre les deux appareils d'appui : l'un "mobile" supportant la grande travée, l'autre fixe supportant une travée courante. Après l'hiver 1993, l'état de ces piliers imposa le remplacement d'urgence des appareils d'appui mobiles de ces deux grandes travées.

C'est ainsi que le bureau d'études d'ITA/AMOF eut en charge la réalisation des études de réhabilitation des piliers détériorés et du remplacement des appareils d'appui mobiles. Ne disposant pas de Ramsès pour les grandes travées, l'opération ayant été jugée jusqu'alors peu rentable car seuls 20 appareils d'appui étaient concernés, la première démarche fut de prévoir le remplacement par la méthode traditionnelle des soutènements à tours. Ainsi, un avant-projet sommaire fut réalisé pour ces deux stations, prévoyant des tours de soutènement de part et d'autre des quatre piliers concernés.

Cependant, l'encombrement du sol et sa mauvaise tenue imposaient des pieux pontant les ouvrages

**"Il fut décidé en mai 1993 de réaliser le prototype d'un Ramsès capable de soulever les grandes travées deux fois plus lourdes que les travées courantes"**

concessionnaires. De plus, deux kiosques à journaux, des arbres, du mobilier urbain devaient être déplacés. Enfin, la salle des billets de la station La Motte-Picquet-Grenelle devait être démolie, ce qui imposait provisoirement le remaniement complet de son exploitation.

Devant l'ampleur des travaux connexes à l'opération proprement dite et après une étude de faisabilité financière positive basée sur le remplacement des 26 appareils d'appui mobiles, il fut décidé en mai 1993 de réaliser le prototype d'un Ramsès capable de soulever les grandes travées deux fois plus lourdes que les travées courantes. Le temps était compté, car pour être certain de pouvoir traiter les deux travées avant les premiers froids, il fallait que le prototype soit opérationnel en octobre 1993 : il ne restait plus que six mois.

L'étude préalable et le prédimensionnement du système furent réalisés par le bureau d'études d'ITA/AMOF. Il fut ensuite procédé à une consultation de bureaux d'études spécialisés en calculs aux éléments finis : ce fut Caltec qui réalisa l'étude avec le logiciel BV-STRUDL, en dimensionnant le Ramsès IV pour la charge maximale des 13 travées (200 tonnes sans surcharges). Après vérification de ces calculs par le bureau de contrôle Socotec et la réalisation des plans d'exécution par le B.E. d'AMOF sur Autocad, une maquette grandeur nature fut réalisée par la centrale d'AMOF afin de procéder à un essai de mise en place sur site et éviter ainsi tout problème d'encombrement.

Une fois toutes ces opérations réalisées, la fabrication du système Ramsès IV fut confiée à la société de mécanique appliquée CPMA. Le test de levage fut réalisé avec succès à Nationale début septembre.

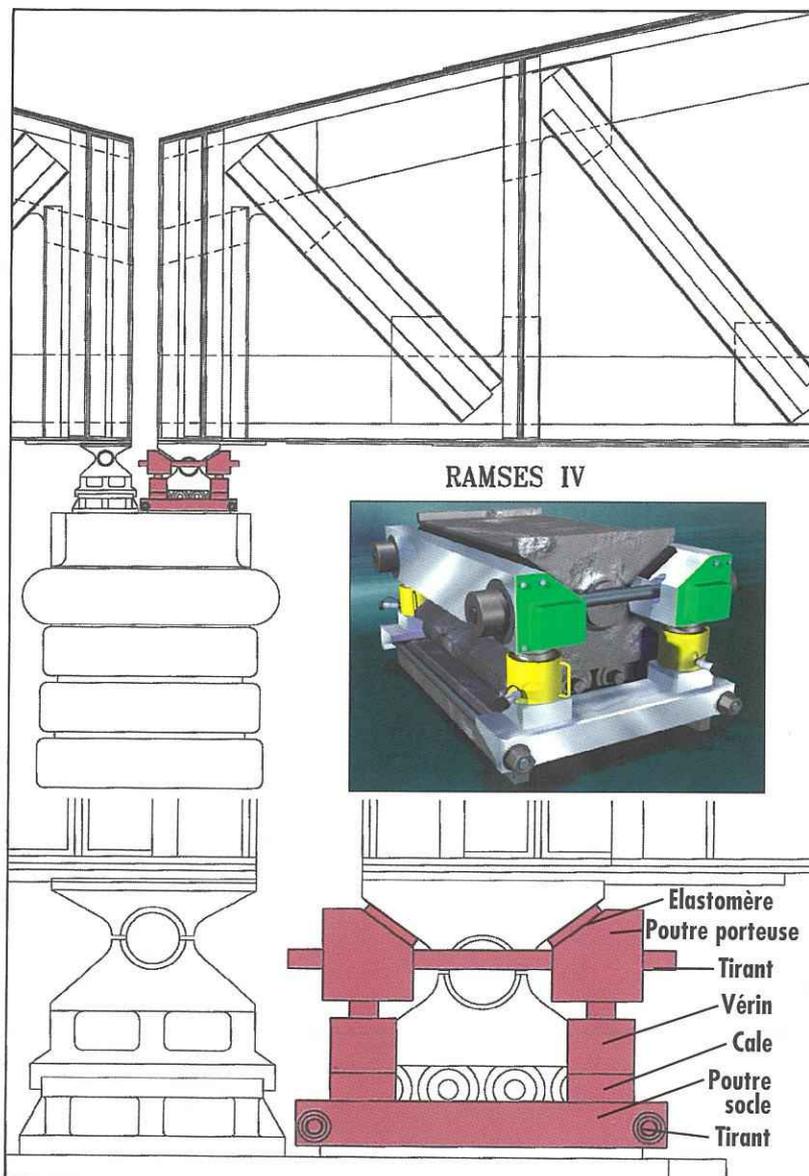
Le coût des études d'exécution, la réalisation du Ramsès IV et ses accessoires, l'essai de mise en charge et le changement des deux appareils d'appui fut de 580 000 francs. L'estimation du remplacement de ces deux appuis avec la méthode des soutènements à tours était de 750 000 francs, sans compter les déplacements des concessionnaires. L'opération Ramsès IV était donc largement rentabilisée en une seule fois.

Avec le cas particulier situé à La Motte-Picquet - Grenelle, ce sont près de deux millions de francs qui furent économisés!

Dans tous les cas à venir, le prix de revient d'un remplacement d'appareil d'appui mobile avec Ramsès IV est d'environ 60 000 francs (amortissement du matériel servant également pour RII et RIII au prorata d'utilisation), contre 300 000 pour la méthode des soutènements classiques. L'économie totale sur l'ensemble des travées est ainsi de l'ordre de 8 millions de francs.

Le système Ramsès IV est le grand frère du Ramsès II. Il se compose des éléments suivants :

- deux poutres porteuses en alliage d'aluminium



## APPAREILS D'APPUI MOBILES REMPLACES AVEC RAMSES II, III ET IV

APPAREILS D'APPUI MOBILES EXISTANTS					APPAREILS D'APPUI MOBILES REMPLACES										
Type	Ligne	2	5	6	TOTAL	Systèmes de remplacement	Année	87-88	1989	1990	1991	1992	1993	TOTAL	%
TRAVÉES COURANTES		184	44	244	472	PROTOTYPE**		12	2					14	40.47
						RAMSES II			6	21	63	46	41	191	
STATION		80		180	260	RAMSES III						35	36	71	27.31
GRANDES TRAVÉES		4		16	20	RAMSES IV							2	2	10.00
<b>Total appareils</b>		<b>268</b>	<b>49</b>	<b>440</b>	<b>758</b>	<b>Total appareils</b>		<b>12</b>	<b>8</b>	<b>21</b>	<b>63</b>	<b>81</b>	<b>79</b>	<b>264</b>	<b>34.83</b>

\*\* Travail réalisé par l'entreprise de serrurerie Girod

(limite d'élasticité supérieure à 450 MPa), venant se placer sous le balancier supérieur de l'appareil d'appui pour transmettre la poussée verticale à ce dernier par l'intermédiaire d'une plaque en élastomère frété. Ces deux poutres sont reliées par deux tirants, écrous et rondelles sphériques en acier de limite d'élasticité supérieure à 900 MPa. Les trous réalisés dans les poutres ainsi que les fixations des tirants permettent un léger désaxement de chaque poutre par rapport au plan vertical afin de compenser des défauts d'angles du balancier supérieur. Le système peut ainsi s'adapter aux défauts de moulage des appuis de l'époque ;

- deux poutres socles (même alliage d'aluminium) à pans coupés venant s'ajuster sur les bords inclinés de la platine de répartition du couronnement en pierre. Elles constituent un support plan pour les quatre vérins. Elles sont reliées entre elles par deux tirants, écrous et rondelles sphériques en acier (même alliage). Comme pour les poutres porteuses, la fixation entre poutres et tirants permet un léger jeu angulaire ;

- quatre vérins d'une poussée de 90 tonnes chacun, couplés hydrauliquement (même pression pour chaque vérin). La charge à soulever variant entre 126 et 200 tonnes suivant les sites, une pression de 350 à 450 bars suffit pour soulever le tablier.

Outre le système de levage proprement dit, il fut nécessaire de réaliser des adaptations aux matériels servant déjà pour Ramsès II et III. Ainsi, les poutres porteuses étant trop lourdes pour être manipulées à la main en tête de pilier (150 kg), il fut nécessaire d'imaginer un système mécanique adaptable à l'extrémité du bras du chariot élévateur et permettant un déplacement horizontal de ces poutres afin de procéder à un réglage fin. Toujours afin de procéder au réglage fin lors de la mise en place des poutres, il fut nécessaire d'équiper le chariot élévateur d'un correcteur de dévers actionnable pendant la manipulation des pièces, permettant un parallélisme parfait entre la surface d'appui des vérins et l'axe des poutres.

Enfin, la charge par appui étant deux fois plus importante que pour les travées courantes, il fut nécessaire de réaliser un appareil d'appui sur mesure : comme pour Ramsès II et III, il s'agit

d'un appareil à deux étages de glissement (Inox sur cestilite), l'un plan assurant le déplacement transversal et longitudinal, l'autre sphérique assurant la rotation transversale et longitudinale. Cet appareil doit être mis en place entre deux surfaces parallèles, mais celles-ci peuvent ne pas être tout à fait planes : le contact se fait par deux plaques épaisses de répartition des efforts. Là aussi, le poids de cet appareil était très important (500 kg) et la manutention doit se faire par l'intermédiaire d'un plateau à billes fixé sur le bras du chariot élévateur.

### Epilogue

Aujourd'hui, avec ses systèmes Ramsès II, III, IV, ses engins de chantier, ses matériels spécifiques et son potentiel humain, l'équipe Ramsès est en mesure de traiter efficacement la quasi-totalité des appareils d'appui mobiles des travées du métro aérien.

Cette grande opération d'entretien, commencée fin 1986, arrive donc à présent à un bon régime de croisière avec environ 80 appareils d'appui mobiles changés chaque année. Cependant, cela ne veut pas dire que ces travaux sont devenus routiniers : chaque remplacement d'un appareil peut poser problème en raison d'un environnement différent. Une bonne coopération, dépassant le cadre strictement professionnel, entre la petite équipe Ramsès et le bureau d'études d'AMOF permet de relever le défi à chaque fois.

Un tiers des appareils d'appui mobiles a été traité en moyenne à ce jour, avec une répartition différente selon les opérations.

Tenter d'évaluer le gain d'une telle opération est très difficile, car si les travaux avaient été réalisés par des méthodes traditionnelles, les coûts auraient été différents pour chaque chantier, la tenue et l'encombrement du sol variant considérablement.

On peut cependant estimer le gain pour chaque remplacement d'un appareil d'appui mobile par Ramsès II ou III à 160 MF, soit un gain total d'environ 122 MF. Le gain pour l'opération Ramsès IV est évalué à 8 MF, dont deux pour ne pas avoir eu à modifier temporairement l'exploitation de la station La Motte-Picquet - Grenelle. ■

 **SUROIT :**  
L'INFORMATION MULTIMODALE A PORTEE DE MAIN

Dans le cadre de la multimodalité, la RATP est particulièrement attentive aux informations fournies aux voyageurs. Le Système Unifié de Renseignements sur l'Offre et les Itinéraires de Transport (SUROIT) constituera une source unique d'informations utilisables par l'ensemble des systèmes mis à leur disposition.

 **"SUROIT":**  
ON HAND INTERMODAL INFORMATION

Within the scope of its intermodal service structure, the RATP pays particular attention to the information given to passengers. The transport service and travel information unified system (SUROIT = Système Unifié de Renseignements sur l'Offre et les Itinéraires de Transport) provides a unique source of information for use by all systems available to passengers.

 **"SUROIT":**  
MULTIMODALE INFORMATION IN REICHWEITE

Im Rahmen der Multimodalität ist die RATP sehr aufmerksam hinsichtlich der an die Fahrgäste gerichteten Informationen. Das vereinheitlichte Auskunftssystem über das Fahrgastangebot sowie über evtl. Transportumleitungen (Système Unifié de Renseignements sur l'Offre et les Itinéraires de Transport = SUROIT) bildet eine einmalige Informationsquelle, auf die die Reisenden durch die Benutzung aller anderen ihnen zur Verfügung gestellten Auskunftssysteme zurückgreifen können.

 **"SUROIT":**  
LA INFORMACION MULTIMODAL AL ALCANCE DE LA MANO

En el marco de la multimodalidad, la RATP presta especial atención a las informaciones que se transmiten a los viajeros. El Sistema Unificado de Informaciones Sobre la Oferta y los Itinerarios de Transporte (SUROIT) constituirá una fuente única de información útil para el conjunto de los sistemas puestos a su disposición.

## SUROIT

# L'information multimodale à portée de main

par Guy Sitruk et  
Lorenzo Sancho de Coulhac,  
Département Commercial,  
Danielle Gance,  
Département Systèmes  
d'Information et de  
Télécommunications

**L**a RATP assure quotidiennement huit millions de voyages en Région d'Ile-de-France grâce à des modes de transport variés : métro, RER, autobus et tramway. C'est la raison pour laquelle elle porte une attention toute particulière à la notion de multimodalité qu'elle se doit de rendre encore plus performante et attirante, notamment en matière d'informations fournies aux voyageurs au travers de différents dispositifs et systèmes qu'elle met à leur disposition.

C'est à cette fin que SUROIT - Système Unifié de Renseignements sur l'Offre et les Itinéraires de Transport - a été conçu et réalisé. Celui-ci constituera à terme une source unique pour les informations de référence sur l'offre et les itinéraires de transport en commun en Ile-de-France. Utilisable par l'ensemble des systèmes devant disposer de ces informations et, en premier lieu, par les Systèmes d'Information Voyageurs de la RATP, SUROIT doit être ainsi vu comme une "infrastructure de services".

### UNE BASE DE DONNEES OFFRE DE TRANSPORT DE REFERENCE

Face à la multitude des systèmes existants et à leur différence de conception, l'infrastructure SUROIT a été mise en place pour :

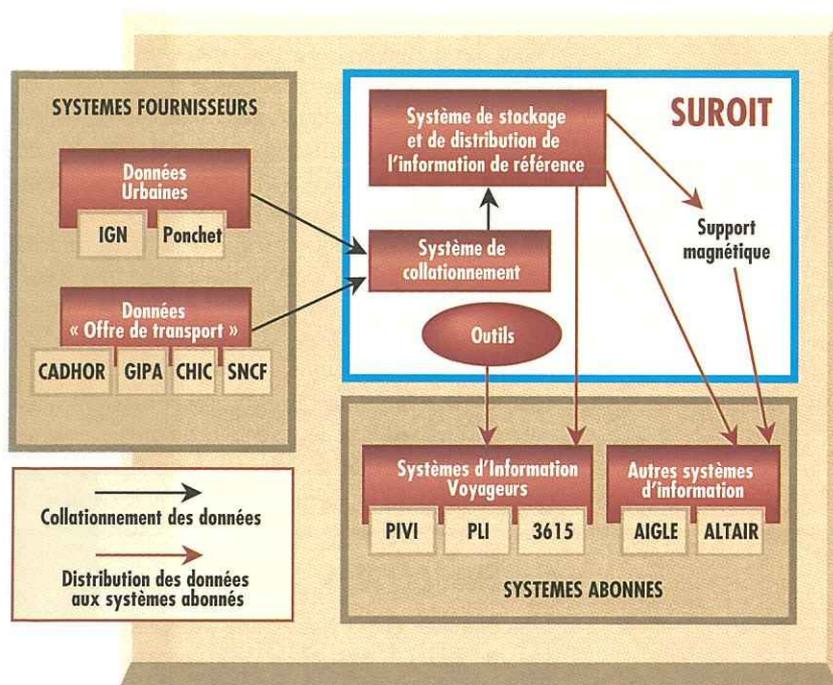
- recueillir et collationner les données Offre de Transport provenant de différents systèmes existants, dits "systèmes fournisseurs", implantés à la RATP - CADHOR (1), GIPA (2), Outils CHIC (3) - et à l'extérieur, la SNCF (4) ;
- être serveur, de façon complète, actualisée et cohérente, des systèmes d'information de la RATP mani-

(1) Système d'information du Département Métro permettant de construire l'offre théorique Métro et RER.

(2) Système d'information pour la gestion des infrastructures aux points d'arrêt d'autobus.

(3) Système d'information implanté dans tous les Centres Bus pour la préparation de l'offre théorique.

(4) Structures de lignes et horaires de référence de la SNCF Banlieue.



puant des données relatives à l'Offre de Transport multimodale de référence. Ces systèmes ainsi alimentés par SUROIT sont dits "systèmes abonnés". Ce sont d'ores et déjà les Systèmes d'Information Voyageurs tels que PIVI (5) le PLI (6) et, prochainement, le 3615 RATP ainsi que d'autres systèmes d'information tels que AIGLE et ALTAIR (7). Ces données sont également accessibles à l'ensemble des chargés d'études de la RATP pour leurs besoins propres et pour des réalisations spécifiques telles que le *Guide des Machinistes*.

## DES DONNEES, DES OUTILS ET UNE ORGANISATION

Les données servies par SUROIT sont caractérisées par leur diversité. Il s'agit :

- de données alphanumériques (descriptif des lignes et des horaires) mises à jour à chaque changement connu ;
- de données graphiques en mode vecteur (8) (tracé des itinéraires commerciaux et positionnement des lieux géographiques remarquables à l'aide d'un symbole [9]) mises à jour à chaque changement connu ;
- des fonds de carte "rastérisés" (10) au 1/15 000<sup>e</sup> provenant des plans de l'éditeur Ponchet mis à jour tous les deux ans ;
- des données géographiques urbaines (communes, tracés et caractéristiques de la voirie, lieux géographiques remarquables) issues à terme de la banque de données Géoroute de l'Institut Géographique National et mises à jour tous les ans.

Leur récupération et leur mise en cohérence ont nécessité le passage par un format d'échange standard qui permet de tenir compte des diverses

structures d'origine des données et de leur intégration dans la structure du serveur SUROIT. Il en résulte des opérations complexes et délicates qui font appel à des procédures automatiques, semi-automatiques ou manuelles.

Pour pouvoir réaliser ces opérations, SUROIT met en œuvre ses propres outils développés en langage C et sous ORACLE (Système de Gestion de Base de Données Relationnel) pour les données alphanumériques, et avec l'atelier de génie logiciel graphique Hyperpanel pour la numérisation et le mosaïquage des cartes Ponchet et le recalage d'entités vecteur telles que les données graphiques et les données Géoroute avec des entités "raster" telles que les fonds de plans Ponchet.

SUROIT stocke également, pour les "systèmes abonnés", la version de référence d'outils de traitement spécifiques à ces données Offre de Transport. Ce sont :

- le compilateur de données qui permet de mettre en forme les données pour les traiter de façon efficace par l'outil de recherche d'itinéraire;
- l'outil de recherche d'itinéraire qui, à partir des données compilées et de certains critères associés spécifiés par l'utilisateur, fournit une solution d'adresse à adresse.

Enfin, l'organisation mise en place pour pouvoir réaliser ces différentes opérations est répartie sur trois sites et fait intervenir des personnes appartenant à des Départements différents dans des rôles complémentaires.

Le correspondant "données", rattaché à l'Infocentre Voyageurs du Département Commercial, est l'interlocuteur des fournisseurs de données Offre de Transport pour SUROIT. Il procède aux opérations de récupération de données qui ne nécessitent pas d'interventions faisant appel à des connaissances informatiques expertes. Il est responsable de la qualité des données sur le serveur et en valide la mise à disposition auprès des systèmes abonnés.

L'Unité Systèmes d'Information Opérationnels du Département Systèmes d'Information et de Télécommunications assure la récupération des données nécessitant des interventions délicates. Elle est l'interlocuteur RATP des fournisseurs de données géographiques et urbaines (Ponchet, IGN, etc.) qu'elle met à jour. Elle modifie les procédures de récupération de données dans le cas d'évolution des systèmes fournisseurs et prend en compte les demandes des systèmes abonnés et l'intégration de nouvelles données des systèmes fournisseurs.

L'Unité Centres Informatiques du Département Systèmes d'Information et de Télécommunications assure les fonctions d'exploitation du système : sauvegardes régulières des données, redémarrage du système en cas d'incident, contrôle de la charge de la machine et installation des nouvelles versions de logiciels.

(5) Plan Indicateur Visuel d'Itinéraires.

(6) Plan Lumineux Interactif: Système d'Information Voyageurs en cours d'implantation dans certaines stations de métro.

(7) Systèmes d'Information utilisant la radiolocalisation par GPS (Global Positioning System) pour les Départements Sécurité et Environnement et Bus.

## UNE ARCHITECTURE TECHNIQUE PERFORMANTE

SUROIT est composé de deux sous-systèmes :

- le sous-système de collationnement des données, à Noisy-le-Grand, qui comprend une station de travail HP 9000/720 sous UNIX disposant d'une unité de sauvegarde, un scanner et une imprimante couleur ainsi que des logiciels ORACLE et Hyperpanel ; il est utilisé pour la préparation des données et leur mise en cohérence ; le correspondant "données" de l'Infocentre y accède par le réseau Rameau ;

- le sous-système de stockage et de distribution des données et des outils, à Neuilly-Plaisance, comprend une station de travail HP 9000/715 sous UNIX disposant d'une unité de sauvegarde ainsi que du logiciel ORACLE.

Les systèmes abonnés accèdent à SUROIT par le réseau RAMEAU, mais il est également possible de fournir des extractions de données sur support magnétique.

## GAGNER GLOBALEMENT EN FIABILITE ET EN EFFICACITE

Les intérêts d'une telle infrastructure se situent à deux niveaux.

Au niveau des Systèmes fournisseurs, la détection possible d'anomalies par confrontation croisée de sources diverses et la remontée pour correction et

action de leur part. Le retour peut porter sur la fraîcheur des données ou sur des erreurs de saisie, mais peut également mettre en évidence des dysfonctionnements dans la circulation et la diffusion des informations. Cette opération de mise à disposition de l'information donne lieu à des relations contractualisées avec les Systèmes fournisseurs.

Au niveau des Systèmes abonnés, la fourniture de données prêtes à l'emploi pour des applications spécifiques, réduisant ainsi considérablement les temps nécessaires à la collecte des données et à leur mise en cohérence avant utilisation.

Les Systèmes d'Information Voyageurs trouvent ainsi dans ce dispositif la garantie de fournir aux clients des réponses cohérentes du fait que les données et les outils utilisés sont les mêmes quel que soit le système.

## PERSPECTIVES

Une première étape vient d'être atteinte. Elle a permis, dès 1993, de rassembler dans la base de données SUROIT des informations de référence cohérentes, à jour et exhaustives sur l'Offre de Transport RATP et SNCF Banlieue en Ile-de-France qui répondent à de nombreux besoins internes dont l'information des voyageurs.

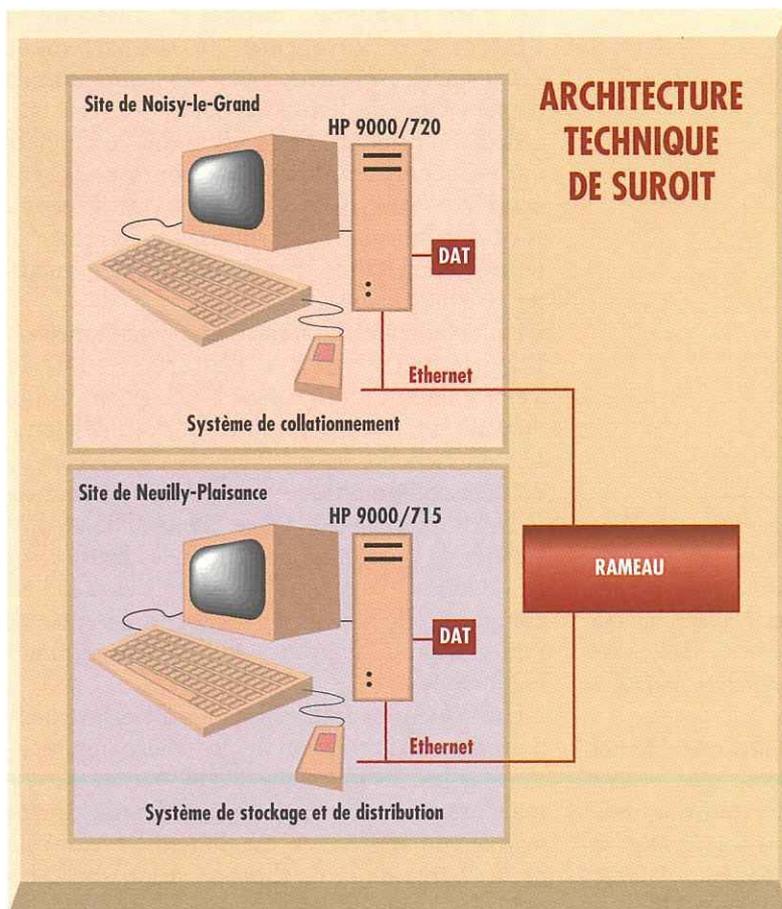
L'existence de SUROIT constitue le premier jalon d'un système d'information urbain sur les transports qui place la RATP dans une position stratégique avantageuse lui conférant le rôle d'opérateur principal en Région Ile-de-France du fait de sa maîtrise de l'information multimodale.

La prochaine étape est déjà entamée avec des actions programmées de 1994 à 1996 qui ont pour objectif l'intégration progressive d'informations complémentaires en provenance :

- d'autres transporteurs,
- des gestionnaires de parkings,
- des compagnies de taxis.

Il s'agit par-là d'aider les voyageurs à déterminer les modalités les meilleures des déplacements qu'ils envisagent en Ile-de-France par les transports en commun en complémentarité avec leur voiture particulière ou un taxi.

En parallèle à ces actions, une démarche similaire est menée pour ce qui concerne les perturbations en temps normal et en période de grèves. Elle vise à améliorer la qualité de l'information fournie aux voyageurs en tenant compte autant que faire se peut de la réalité du terrain. ■



(8) L'information y apparaît sous forme d'objets géométriques. Ainsi, un segment de droite sera décrit par les coordonnées de ses deux extrémités et caractérisé par son épaisseur ou sa couleur, et un cercle par son rayon, les coordonnées de son centre et sa couleur.

(9) Mairies, hôpitaux, commissariats, musées, stades, monuments, etc.

(10) Mode de représentation dans lequel l'information apparaît sous forme de petits carrés de couleur juxtaposés, les pixels (contraction de "picture elements").

 "ICS":  
UN RESEAU INFORMATIQUE A BORD DES BUS

Installée dans tous les véhicules, l'Interface Conducteur Systèmes (ICS) est utilisée par les exploitants et les mainteneurs du réseau d'autobus. Né de la nécessité d'installer une interface homme-machine unique à bord des bus, le réseau ICS a structuré l'architecture des équipements embarqués d'exploitation et de maintenance.

 "ICS":  
A COMPUTER NETWORK ON BOARD BUSES

The driver systems interface (ICS = Interface Conducteur Systèmes), installed on board vehicles, is used by bus network operators and maintenance units. The device has been developed because of the need to incorporate a single man-to-machine interface system on board buses. The ICS network has given a clear structure to the on board operations and maintenance equipment architecture.

 "ICS":  
EIN BORDINTEGRIERTES INFORMATIKSYSTEM FÜR BUSSE

Das in allen Fahrzeugen eingebaute Fahrer-Betriebssystem (Interface Conducteur Systèmes = ICS) wird sowohl von den technischen Betrieben als auch von den Wartungseinrichtungen der Autobusnetze genutzt. Aufgrund des sich als notwendig erwiesenen Einbaus eines besonderen "Mensch-Maschinen-Betriebssystems" in Busse hat das ICS-System die Ausführung dieser Einbaugeräte für die Betriebe und Wartungsbereiche entscheidend beeinflusst.

 "ICS":  
UNA RED INFORMATICA A BORDO DE LOS BUSES

Los explotantes y encargados del mantenimiento de la red de autobuses utilizan todos la ICS, Interfaz Conductor Sistemas, instalada en todos los vehículos. Ante la necesidad de instalar una interfaz única hombre-máquina a bordo de los buses, la red ICS ha conducido a estructurar la arquitectura de los equipos embarcados para la explotación y el mantenimiento.

## INTERFACE CONDUCTEUR SYSTEMES

# Un réseau informatique à bord des bus

par Serge Le Cain,  
Département  
Matériel Roulant Bus

Les autobus parisiens n'ont pas échappé aux conséquences du développement de l'électronique numérique. Les "puces" ont envahi les véhicules tant pour les commandes d'organes (démarrage du moteur, gestion de la boîte de vitesses, fonctionnement des portes voyageurs, etc.) que pour la réalisation des outils d'exploitation et de maintenance.

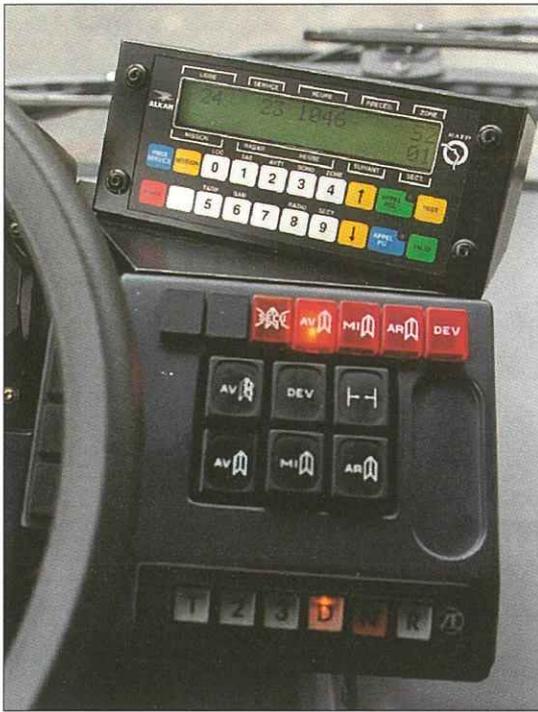
• Au début des années 80, le parc autobus de la RATP (près de 4 000 véhicules) était équipé d'un radiotéléphone et d'une télécommande des oblitérateurs de titres de transport.

• Dès 1982, les machinistes disposaient, sur environ 2 500 véhicules, d'un boîtier d'alarme discrète permettant la localisation (basée sur les sections tarifaires du réseau routier) et la mise en écoute d'ambiance de l'autobus.

• A partir de 1985, le phénomène s'amplifiait et de nombreux dispositifs à base de microprocesseur étaient expérimentés par différents services de la RATP à bord des véhicules :

- annonceur du prochain arrêt à numérisation de la parole,
- système d'aide à l'exploitation et à l'information des voyageurs (SAEIV),
- système d'aide à la maintenance (SAM),
- appareils de validation magnétique des titres de transport,
- annonceur visuel du prochain arrêt,
- girouette à pastilles,
- équipements d'identification du véhicule, etc.

Ces expérimentations étaient menées sur différentes lignes d'autobus et consistaient à étudier la faisabilité ou l'opportunité des applications envisagées.



RATP - COM / AV - G. Dumax

Un pupitre ICS sur R 312.

• Aujourd'hui, la plupart des équipements embarqués dispose d'une interface de commande et de contrôle plus ou moins élaborée allant du simple bouton-poussoir associé à un témoin lumineux jusqu'au pupitre constitué d'un afficheur et d'un clavier de plusieurs dizaines de touches.

**"La modularité répond aux différents besoins des utilisateurs et garantit le maximum de disponibilité des équipements"**

LES INTERFACES CONDUCTEUR SYSTEMES à la fin des années 80	
<p><b>RADIOTELEPHONE</b> Equipe le parc</p> <p>Commande : 3 boutons poussoirs 1 bouton de volume</p> <p>Contrôle : 3 témoins</p>	<p><b>DIAPAU*</b> 2500 véhicules</p> <p>Commande : 3 boutons poussoirs</p> <p>Contrôle : 6 caractères 7 segments</p>
<p><b>ANNONCEUR SONORE</b> 800 véhicules</p> <p>Commande : 16 touches</p> <p>Contrôle : 2 caractères 7 segments 2 bargraphes</p>	<p><b>SAEIV Alexis</b> lignes 26 et 29</p> <p>Commande : 14 touches</p> <p>Contrôle : 12 lignes de 16 caractères</p>
<p><b>SAM</b> ligne 60</p> <p>Commande : 34 touches</p> <p>Contrôle : 2 lignes de 16 caractères</p>	<p><b>VALIDEURS MAGNETIQUES</b> ligne 157</p> <p>Commande : 2 boutons poussoirs 7 roues codeuses</p> <p>Contrôle : 6 caractères 7 segments 3 témoins</p>
<p><b>GIROUETTE ELECTRONIQUE</b> prototype</p> <p>Commande : 22 touches</p> <p>Contrôle : 2 caractères 7 segments 10 témoins</p>	<p><b>ANNONCEUR VISUEL</b> prototype</p> <p>Commande : 24 touches</p> <p>Contrôle : 1 ligne de 16 caractères</p>

\* Dispositif d'alarme pour autobus

Les résultats encourageants obtenus pour certaines de ces expérimentations ont conduit les départements responsables de l'exploitation des autobus (BUS) et du matériel roulant bus (MRB) à s'inquiéter, au cours de l'année 1988, des projets de généralisation, partielle ou totale, de ces installations. En effet, à aucun moment, l'ensemble des équipements embarqués n'a été installé sur un même véhicule.

Le machiniste doit utiliser différents types d'appareils dotés d'interface de dialogue spécifique et installés de façon plus ou moins ergonomique dans le poste de conduite. Il doit aussi saisir plusieurs équipements des paramètres identiques tels que le numéro de ligne, le numéro de service, le code mission, etc.

Pour le département MRB, l'installation des équipements dans les véhicules est devenue de plus en plus délicate. Il doit, dès la phase expérimentale, tenir compte des installations existantes pour que les développements réalisés puissent être généralisés aux différents types du matériel roulant avec un minimum de modifications.

Par ailleurs, le poste de conduite n'étant pas conçu pour recevoir un tel nombre d'appareils, les nouvelles installations ne sont que le résultat d'un compromis et, par conséquent, aucune d'elles n'est satisfaisante à long terme.

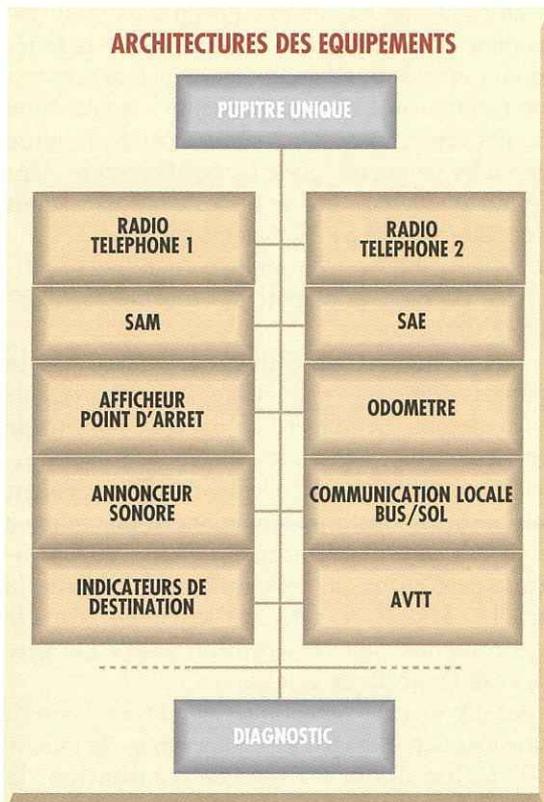
L'extension des systèmes d'exploitation expérimentés n'est pas envisagée sur l'ensemble du parc autobus, les besoins variant selon les caractéristiques des lignes exploitées. Mais une relative homogénéité du matériel roulant doit être conservée afin de faciliter les mouvements de véhicules entre les centres BUS.

Ajoutons que des mêmes signaux électriques, issus par exemple de capteurs de vitesse, des contacts d'ouverture de portes, des tapis sensibles de comptage des voyageurs, etc. sont utilisés par plusieurs équipements. Pour chaque application, des opérations de câblage similaires sont réalisées.

**ARCHITECTURE CENTRALISEE OU REPARTIE**

En 1989, un groupe de travail réunissant des agents du département BUS et des différents départements techniques du secteur "maintenance, travaux et politique industrielle" s'était fixé comme objectif le développement d'un pupitre à bord des autobus. Ce pupitre devait tout d'abord être l'unique interface homme-machine des équipements d'exploitation et de maintenance. Il devait aussi permettre les échanges de données entre tous les équipements pour assurer la modularité de l'ensemble.

La modularité, ou intelligence répartie, constitue l'une des idées fortes des études engagées. Elle répond aux différents besoins des utilisateurs et garantit le maximum de disponibilité des équipe-



ments (modes dégradés). Elle facilite l'évolution des systèmes et permet éventuellement, au prix de quelques modifications, l'utilisation de développements réalisés dans d'autres secteurs industriels. Un examen de l'état de l'art des outils d'aide à l'exploitation des autobus a fait apparaître un seul dénominateur commun : le support physique des transmissions de données utilisées par la plupart des industriels répond à la norme RS 485 \*. Des dialogues spécifiques (protocoles propriétaires) assurent les échanges de données. Les pupitres existants possèdent différentes technologies de face avant (clavier et afficheur) et ne satisfont pas à l'ensemble des applications envisagées à la RATP. En général, au sein d'une architecture centralisée, le pupitre est le périphérique d'un ordinateur réalisant la totalité des fonctions pour lesquelles il a été étudié. Dans l'industrie automobile, des travaux sont en cours concernant la transmission de données entre ordinateurs embarqués : Vehicle Area Network (VAN) soutenu par Renault et Peugeot, Controller Area Network (CAN) défini par Bosch en collaboration avec Intel, etc. Mais aucun projet de normalisation n'est engagé.

\* RS 485 ou EIA 485 est une norme définie par l'Electronics Industries Association (EIA). Elle précise notamment les caractéristiques électriques des composants (émetteur et récepteur) d'une liaison en mode multipoint. Elle correspond aux recommandations V.11 et X27 du Comité Consultatif International pour le Téléphone et le Télégraphe (CCITT).

## LES CHOIX TECHNIQUES

La généralisation de la validation magnétique et du système d'aide à la maintenance ainsi qu'un système d'identification des véhicules (SIV) concernant une vingtaine de lignes des secteurs Autrement Bus ont été étudiés au cours de l'année 1989.

Le groupe de travail a rédigé un cahier des charges du pupitre interface conducteur systèmes (ICS) répondant à l'ensemble des applications existantes, en projet ou en cours de développement, et définissant principalement :

- les caractéristiques physiques minimales du pupitre en privilégiant celles de l'afficheur,
- les caractéristiques du réseau,
- le protocole de communication, la structure et le contenu des messages.

**CARACTERISTIQUES DU RESEAU ICS**

- Paire torsadée blindée**
- Émetteur-récepteur RS 485**
- Transmission série asynchrone**
- Données : 1 bit de start, 8 bits de données, 1 bit de stop (pas de bit de parité)**
- Multipoint**
- Vitesse de transmission : 4 800 bits/s**
- Protocole maître-esclaves**

Parallèlement, le département MRB a étudié l'implantation d'une armoire "électronique" dans tous les types d'autobus exploités par la RATP, regroupant les équipements reliés au pupitre ICS qui peuvent être délocalisés. Différents tiroirs pour carte électronique ont été conçus pour faciliter les opérations de maintenance de premier niveau et garantir l'indépendance technologique des réalisations de chaque constructeur.

Les principaux avantages attendus de ces travaux sont la simplification des tâches du conducteur, la diminution du coût des équipements embarqués et la simplification de l'installation des équipements et du câblage des véhicules.

Après un appel d'offre restreint, un premier marché d'étude et de fourniture de 600 pupitres a été conclu le 27 mars 1990 entre la direction du réseau routier et la société Bristol-Babcock.

En cours de réalisation de ce marché, le renouvellement de la radiotéléphonie de surface a été engagé (début novembre 1991) avec pour conséquence le remplacement du radiotéléphone de tous les autobus avant juin 1993. Le département BUS a alors lancé l'opération de généralisation du pupitre ICS, et le département MRB a signé un second marché le 9 juillet 1992 avec la société Alkan pour la fourniture de 3 600 pupitres.

## L'INTERFACE CONDUCTEUR SYSTEMES

Le pupitre ICS est inséré dans le tableau de bord des véhicules. Sa partie visible, la face avant, se compose d'un clavier de 20 touches à sensation tactile et d'un afficheur à cristaux liquides (LCD) rétro-éclairé. Ces éléments, auxquels s'ajoutent un bruiteur et le témoin lumineux des deux touches réservées au radiotéléphone, constituent les ressources de l'interface conducteur systèmes.

Dans la majorité des cas de fonctionnement, ces ressources sont mises à la disposition des équipements embarqués. En fonction des sollicitations du clavier ou d'événements particuliers, les équipements affichent des informations sur l'interface en activant ou non le bruiteur.

Dans les dialogues avec le machiniste, le pupitre ne réalise généralement que des fonctions de bas niveaux, c'est-à-dire la gestion des ressources. A partir de messages transmis par les équipements, le pupitre gère le type (normal ou clignotant) et la durée de l'affichage, la position des caractères, les champs de saisie, la fréquence ainsi que la durée d'activation du bruiteur et des témoins lumineux.

L'afficheur du pupitre fonctionne selon deux modes : l'affichage courant, l'affichage fonction.

Le premier est actif par défaut. Il visualise la valeur, si celle-ci est connue du pupitre, des paramètres dont le nom est indiqué au-dessus et au-dessous de l'afficheur (le numéro de ligne, le numéro de service, l'heure, le code mission, etc.). La gestion des champs de l'afficheur est réservée en priorité à certains équipements.

L'ensemble des ressources du pupitre est alors disponible pour l'équipement concerné par la fonction. Cependant, à l'exception de la fonction test de maintenance des équipements, lorsqu'aucune activité du clavier n'est constatée pendant quinze secondes, le pupitre passe automatiquement dans le mode affichage courant. Ce temps par défaut peut être modifié par l'équipement.

Lorsque l'afficheur du pupitre est le mode affichage courant, la plupart des touches réalisent une fonction :

- la touche "PRISE SERVICE", gérée par le pupitre, permet au machiniste, à sa prise de service, de saisir le numéro de ligne, le numéro de service (service-agent), le numéro de police (service-voiture) et éventuellement, si l'équipement du SAM est installé, son numéro matricule ;
- en l'absence de l'équipement SAEIV, le machiniste peut entrer un code mission à l'aide de la touche "MISSION" gérée par le pupitre ; dans le cas contraire, c'est l'équipement SAEIV qui gère la saisie du libellé de la mission ;
- les dix touches numériques du clavier assurent une fonction gérée par les équipements : la touche "0" réalise des opérations de localisation, la touche "1" affiche les messages de service transmis par le SAE, etc. Le pupitre adresse, selon les équipements reliés, le code des touches en priorité à certains équipements.

Dès qu'une fonction est active, l'afficheur passe alors en mode affichage fonction. L'appui sur l'une des touches numériques affiche le caractère numérique correspondant dans le champ de saisie de la fonction en cours.

La touche "TEST" réalise automatiquement des

### GESTION DES CHAMPS AFFICHAGE COURANT

Les champs de l'affichage courant peuvent être gérés par différents équipements et prioritairement selon les indications ci-dessous :

Champs	Pupitre	Champ RADAR HEURE	Champ MISSION
Champs LIGNE, SERVICE, HEURE	1 - SAE	1 - SAE	1 - SAE
Champs PRECED.	2 - Radiotéléphone 1	2 - Pupitre	2 - Pupitre
	3 - Odomètre	3 - Odomètre	3 - Odomètre
Champs SUIVANT	1 - SAE	4 - AVTT 1	4 - AVTT 1
	2 - Radiotéléphone 1	5 - Annonceur sonore	5 - Annonceur sonore
	3 - Odomètre		
Champs ZONE, SECTION	1 - SAE		
	2 - Odomètre		
	3 - AVTT 1		
	4 - Radiotéléphone 1		

Hors exploitation, ces champs peuvent être gérés par l'équipement SAM, excepté les champs LIGNE, SERVICE, HEURE.

Les priorités sont gérées par les équipements.

### EQUIPEMENTS CONCERNES PAR LES TOUCHES "FONCTION"

(lorsque l'écran est en mode "affichage courant")

PREMIERE LIGNE	TOUCHE	EQUIPEMENT	DEUXIEME LIGNE	TOUCHE	EQUIPEMENT
MISSION	MISSION	SAE	ANNUL	ANNUL	aucun
LOC	0	SAE	Sans gravure	5 + TARIF	SAE
1 + SAE	1	SAE	6 + SAM	6 + SAM	SAE
2 + AVTT	2	SAE	7	7	non défini
3 + SONO	3	SAE	8 + RADIO	8 + RADIO	RADIOTELEPHONE 1
4 + ZONE	4	SAE	9 + SECT.	9 + SECT.	1 - ODOMETRE
		SAE			2 - AVTT 1
		SAE			PUPITRE
		SAE			RADIOTELEPHONE 1 (code touche clavier)
APPEL PCL	↑	SAE	APPEL PG	APPEL PG	aucun
TEST	TEST	SAE	VALID	VALID	aucun

Le machiniste peut accéder à toutes les fonctions du pupitre.

- L'appui sur une touche ou un message d'affichage adressé au pupitre par un équipement déclenchent le second mode, l'affichage fonction.

\* Opération sectorielle de restructuration du réseau de surface.



RATP - COM / AV - G. Dumax

tests destinés au machiniste. Elle permet de dérouler une séquence de contrôle du pupitre et de ses paramètres, des équipements connectés et de la commande d'alarme discrète gérée par le radiotéléphone.

Les touches "APPEL PCL" et "APPEL PG" ainsi que les témoins associés sont réservés au radiotéléphone.

La touche sans inscription est utilisée par les agents de maintenance. Elle permet d'engager les tests de maintenance de premier niveau des équipements embarqués et du pupitre ICS. Pour ce dernier, le test de maintenance autorise la saisie du code des centres BUS, du numéro de ligne d'exploitation et du numéro de coquille (numéro d'immatriculation du véhicule). En dernier lieu, les agents de maintenance configurent le pupitre selon les équipements connectés au réseau ICS. Pour les équipements, cette touche est en général utilisée pour afficher la version du logiciel, la valeurs des paramètres internes et l'état des entrées des équipements.

Les fonctions maintenance du pupitre constituent une innovation pour les travaux de maintenance. Chaque information en entrée d'un équipement peut être vérifiée intégralement via le pupitre ICS sans équipement de mesure complémentaire.

Les touches "VALID", "ANNUL" et "FLECHES" sont d'usage général. Elles sont affectées aux équipements embarqués ou au pupitre pour la validation ou l'annulation de saisie, l'abandon d'une fonction, l'arrêt du bruit, le défilement d'une liste de paramètres, le réglage du contraste de l'afficheur, etc.

### LES DIALOGUES SUR LE RESEAU ICS

Le pupitre contrôle l'ensemble des dialogues du réseau ICS. Les équipements ne peuvent émettre un message qu'après avoir reçu l'autorisation du pupitre (protocole maître-esclaves). Ce principe n'est pas sans inconvénient en cas de panne du maître, car l'ensemble des dialogues est interrompu. Toutefois, dans le cas d'un protocole multi-maîtres qui ne présente pas cet inconvénient, le fonctionnement des autres équipements est considérablement dégradé si l'interface conducteur systèmes n'est pas opérationnelle.

Dès sa mise sous tension, le pupitre exécute la phase d'initialisation du bus de transmission de données. Il détermine, en interrogeant les 29 équipements susceptibles de répondre la configuration du réseau, c'est-à-dire les équipements embarqués reliés et opérationnels. Cette information est utilisée par le pupitre pour l'affectation des touches fonction du clavier et par les équipements pour définir éventuellement un nouveau mode de fonctionnement. Par exemple, si l'équipement SAEIV est présent, la touche "MISSION" n'est pas gérée par le pupitre. Ce dernier n'interroge ensuite que les équipements reconnus au cours de cette phase. Dans tous les messages, le pupitre ICS indique à

#### ADRESSE DES EQUIPEMENTS

Adresse	Equipement
0	PUPITRE
1	PUPITRE (affichage courant)
2	CARTE ENTREES/SORTIES
3	SAM
4	SAE
5	RADIOTELEPHONE 1
6	RADIOTELEPHONE 2
7	GIROUETTE 1
8	GIROUETTE 2
9	GIROUETTE 3
10	GIROUETTE 4
11	AVTT 1
12	Adresse libre
13	Adresse libre
14	Adresse libre
15	Adresse libre
16	Adresse libre
17	COMMUNICATION locale bus/sol
18	ANNONCEUR SONORE
19	ANNONCEUR VISUEL 1
20	ANNONCEUR VISUEL 2
21	RADIO-LOCALISATION
22	ODOMETRE
23	Adresse libre
24	Adresse libre
25	Adresse libre
26	Adresse libre
27	Adresse libre
28	Adresse libre
29	Adresse libre
30	DIAGNOSTIC
31	TOUS LES EQUIPEMENTS

chaque équipement l'état de ses ressources, libre ou occupé.

Dès qu'un équipement ne répond pas aux interrogations du pupitre, les autres équipements sont informés de la modification de la configuration du réseau. Le machiniste est aussi averti, mais seulement après une minute d'interruption des dialogues avec l'équipement considéré.

L'initialisation fonctionnelle du pupitre et des équipements constitue la seconde étape importante. Pendant cette phase, tous les paramètres mémorisés par le pupitre sont diffusés à l'ensemble des équipements. Grâce à différents types de message émis trois fois successivement sur le bus de transmission, près d'une vingtaine de paramètres sont communiqués aux équipements, à charge pour eux de contrôler l'intégrité des informations. Suite à une modification de l'un des paramètres, le pupitre indique à tous les équipements, de façon identique, la nouvelle valeur. Enfin, en cas de coupure d'alimentation momentanée ou de mise sous tension postérieure à celle du pupitre ICS, les équipements peuvent demander au pupitre la dernière valeur des différents paramètres.

Les équipements peuvent échanger des informations, le pupitre ne vérifiant alors que la syntaxe des messages transmis. De nouvelles fonctionnalités des systèmes peuvent ainsi être mises en œuvre sans modification du pupitre ICS. Ces échanges de données, comme les dialogues avec le pupitre, peuvent s'établir selon différents niveaux de priorité, mais dans tous les cas les équipements sont interrogés par le pupitre au moins une fois toutes les cinq secondes.

### QU'EN EST-IL AUJOURD'HUI ?

Le pupitre ICS équipe aujourd'hui l'ensemble du parc autobus ainsi que les rames du tramway Saint-Denis - Bobigny (un dans chaque loge de conduite). Il est utilisé selon différentes configurations d'équipements et concernent plusieurs applications :

- la radiotéléphonie qui intègre le système d'alarme des autobus,
- l'annonce sonore du prochain arrêt sur environ 1 200 véhicules,
- l'aide à la maintenance des centres d'Aubervilliers et de Créteil,
- l'aide à l'exploitation et à l'information des voyageurs (Alexis) des lignes 26, 29, Trans Val-de-Marne et du tramway,
- les annonces visuelles et vocales automatisées (AVIVA) de la ligne 21,
- la validation magnétique des titres de transport du tramway.

A court terme, certaines de ces applications devraient être étendues à l'ensemble du parc autobus. Par ailleurs, le pupitre ICS sera relié fin 1994 à un SAE de nouvelle génération, utilisant la localisation des véhicules par satellites (GPS) et des transmissions de données par un réseau radiotéléphonique (3RD). ■

**MATERIELS FERROVIAIRES : SYSTEMES ELECTRONIQUES  
EMBARQUES, MAINTENANCE ET SIMULATION**

Les matériels roulants ont, dans tous les domaines, considérablement évolué, notamment au niveau des performances. La volonté de maîtriser les coûts et d'améliorer les performances a conduit le département MRF à rechercher les moyens les plus adaptés pour parvenir à une maintenance efficace des équipements électroniques complexes. La simulation permet d'assurer cette maintenance performante et est par ailleurs devenue indispensable à la validation des logiciels de sécurité et à la validation fonctionnelle des systèmes.

**RAILWAY ROLLING STOCK: ON-BOARD  
ELECTRONICS, MAINTENANCE AND SIMULATION**

Railway rolling stock has undergone significant developments, particularly in relation to performance. The driving force behind the Railway Rolling Stock Department to control costs and improve performance levels has been the department's motivation to find the best means to achieve an efficient maintenance procedure for complex electronic equipment. Simulation has been found to be the best way of insuring high performance maintenance and has also become essential in the process of validating safety software and validating system functioning.

**SCHIENENFAHRZEUGE:  
EINGEBAUTE ELEKTRONIK, WARTUNG UND SIMULATION**

Die Entwicklung der Schienenfahrzeuge ist in jeder Hinsicht, besonders aber auf dem Leistungsniveau, enorm vorangeschritten. Der Vorsatz, Kosten abzubauen und die Leistungskraft zu erhöhen, veranlaßte die Abteilung Schienenfahrzeuge dazu, Untersuchungen über geeignete Mitteln zur Wartungseffektivität der komplizierten elektronischen Ausstattungsgegenstände anzustellen. Durch die Simulation wird diese Wartungsleistung garantiert und ist daher unentbehrlich geworden im Hinblick auf die Freigabe der Sicherheitssoftware und die Funktionskontrolle der Systeme.

**MATERIALES FERREOS : ELECTRONICA  
EMBARCADA, MANTENIMIENTO Y SIMULACION**

El material rodante ha evolucionado considerablemente, en todos los aspectos y en particular en cuanto a cualidades técnicas. La voluntad de reducir los costos y de mejorar su tecnicidad ha conducido el Departamento MRF a buscar los medios mas adecuados para lograr un mantenimiento eficaz en los equipos electrónicos complejos. La simulación garantiza la calidad del mantenimiento siendo indispensable para validar los progiciales de seguridad y la del funcionamiento de los sistemas.

## MATERIELS FERROVIAIRES

# Systemes électroniques embarqués, maintenance et simulation

par Philippe Miniou,  
Département du Matériel  
Roulant Ferroviaire

Les matériels roulants ferroviaires subissent des évolutions parfois peu apparentes aux yeux du profane, mais d'une grande importance pour l'amélioration des performances et l'abaissement des coûts. C'est vrai dans le domaine de la mécanique des matériaux et des moteurs, mais particulièrement dans le domaine des équipements électroniques,



RATP - COM/AV D. Sullivan

Matériels ferroviaires : des équipements électroniques embarqués de plus en plus complexes.

soit par le perfectionnement des fonctions existantes, soit par l'introduction de nouveaux systèmes de conduite ou de contrôle-commande. Ce qui n'était parfois, il y a quelques années, qu'un dispositif d'aide à la conduite tend à devenir un organe fondamental sans lequel il serait impossible d'atteindre les performances exigées par les moyens traditionnels.

Les progrès rapides de l'électronique en matière de miniaturisation permettent des évolutions très importantes sur le nombre de fonctions réalisées dans un volume donné ou sur le niveau d'encombrement à nombre de fonctions égales. Il est commun de rappeler l'évolution des composants de base et des systèmes à base d'électronique sur une période de quarante ans. Avant 1949, l'électronique n'était constituée que de tubes. Depuis, nous avons vu naître successivement transistors, circuits intégrés, microprocesseurs, pour en arriver à nos jours à des Composants de très haute intégration Montés en Surface (CMS).

Parallèlement sont apparues dans nos matériels plusieurs générations d'équipements :

- année 1960, 1<sup>ère</sup> carte électronique sur le MP 59 ;
- année 1970, pilote automatique sur le MP et MF 67, entièrement électronique à cartes enfichables et interchangeables ;
- année 1978, dispositif de commande traction-freinage à électronique analogique sur le MF 77 ;
- année 1985, dispositif de commande traction-freinage à électronique numérique et microprocesseurs sur le MI 84 ;
- année 1990, automatisme de conduite sécuritaire à microprocesseur sur le RER (SACEM) ;
- année 1993, dispositif de contrôle-commande à multiples microprocesseurs et utilisation de circuits VLSI (Very Large Square Integration, soit très grande surface d'intégration), en technologie CMS sur le MF 88.

Il est remarquable que toutes ces évolutions se soient faites sur une période de temps correspondant environ à la durée de vie d'un train.

Le nombre de fonctions réalisées ne diminue pas, bien au contraire. On cherche à profiter au maximum des possibilités offertes par l'électronique pour obtenir des améliorations de sécurité et de performances. L'exemple le plus récent dans ce domaine sur nos matériels est probablement le SACEM (Système d'Aide à la Conduite, à l'Exploitation et à la Maintenance).

Les niveaux de sécurité imposent aux équipements électroniques un objectif très important et cohérent avec le niveau de sécurité générale des systèmes mécaniques complexes que constitue le train. La disponibilité, quant à elle, impose le dou-

**"Le système de contrôle du MF 88 comprend : 8 calculateurs, 104 cartes et 15 000 composants."**

blement des chaînes de commande et l'on aboutit finalement à des systèmes assez spectaculaires. Ainsi, par exemple, le système de contrôle-commande du MF 88 comprend : 8 calculateurs, 104 cartes et 15 000 composants traitant les fonctions de conduite, traction/freinage, portes, conversion d'énergie, production d'air, confort. L'apparition de systèmes numériques a permis de réaliser cette escalade des performances requises avec une quantité de matériel globalement réduite.

## ASPECTS GENERAUX DE LA MAINTENANCE

La valeur des équipements électroniques dans un métro moderne représente une partie importante de la valeur totale du matériel. Les coûts cumulés de la maintenance de ces équipements sur vingt ans sont équivalents à l'investissement initial. L'évolution des méthodes et des moyens de maintenance résulte principalement de contraintes économiques. Il est bien évident qu'une rame de métro ou de RER dont le coût est de l'ordre de plusieurs dizaines de millions de francs ne doit être immobilisée qu'un minimum de temps, l'objectif étant d'accumuler le plus grand nombre possible de kilomètres/voyageurs dans les meilleures conditions de confort, de régularité et de sécurité.

Il est donc fondamental de bien prendre en compte l'aptitude à la maintenance au moment de la conception des matériels et d'étudier les méthodes et les moyens en permettant l'exécution facile et rapide malgré une complexité de plus en plus grande.

La maintenance constitue un domaine où il est possible d'apporter des gains substantiels de productivité par l'utilisation de méthodes et d'outils. Cela commence dès la conception du matériel mais se poursuit aussi par l'organisation de tout le support logistique.

La politique menée toutes ces dernières années en matière d'entretien des équipements a été guidée par une volonté continue d'amélioration. Ainsi a-t-on été dans le sens :

- d'une réduction des temps de remise en état en atelier, se traduisant par des stocks de matériel de rechange plus réduits, donc des immobilisations plus faibles ;
- d'une diminution du nombre des trains d'essais pour dépannage et pour validation après réparation ;
- d'une diminution des déposes injustifiées (d'environ 25 % à 40 %), qui représentent une surcharge de travail inutile ;
- d'une conception modulaire des équipements et d'un perfectionnement des méthodes de diagnostic ;
- d'une utilisation de concepts allant dans le sens de l'optimisation des opérations de démontage et de remontage systématiques à titre préventif par une surveillance permanente des systèmes



Calculateur du MF 88.

MP : Matériel sur roulement Pneu métro.

MF : Matériel sur roulement Fer métro.

MS : Matériel Suburbain RER.

MI : Matériel d'Interconnexion RER.

BITE : Built In Test Equipment (équipement intégré de test).

électroniques embarqués sur les différents paramètres des organes ;

- d'un suivi de la fiabilité et de l'analyse des défaillances par le recueil systématique des constatations en atelier sur les matériels en panne qui permet l'élaboration de propositions d'amélioration et contribue à la fiabilisation dans le temps ; avec pour corollaire moins de déposes, moins de passages en atelier et des coûts de maintenance diminués.

La recherche de pannes sur un train et la localisation précise de l'équipement défectueux sont à la base de tous les processus de dépannage, car elles doivent aboutir à la dépose d'un sous-ensemble et à son envoi en atelier spécialisé pour remise en état. Il se trouve que cette opération en apparence simple et banale ne l'est pas. Environ 30 % des signalements et des pannes de récurrence donnent encore lieu aujourd'hui à un "rien constaté". Ce taux se retrouve fréquemment dans le monde industriel sur des activités similaires. La raison principale de ce pourcentage très élevé provient de l'absence, dans les années passées, de systèmes de tests permettant des diagnostics sûrs. On se fondait essentiellement sur les constatations des conducteurs et sur l'expérience des contre-maîtres-visiteurs.

Les systèmes complexes s'extériorisant mal sur site de maintenance train à l'arrêt, il est généralement nécessaire de reproduire les conditions de fonctionnement dynamiques de la ligne. Ce besoin s'explique aisément par le fait que les systèmes embarqués sont en grande majorité des asservissements qui intègrent les fonctions de transfert des équipements de traction-freinage couplés aux systèmes de conduite. D'une manière générale, il s'agit de la dynamique du "système train" couplé au système de conduite au sol.

La simulation dynamique par une reproduction fidèle du fonctionnement réel des systèmes en ligne peut répondre à ces besoins. Elle permet d'assurer la détection des pannes, le diagnostic des équipements défaillants et la validation après réparation. Cela évite les perturbations du service voyageurs entraînées par des essais en ligne.

Ce concept de base a été retenu à divers stades des opérations de maintenance sur les équipements embarqués du système SACEM.

### TEST, SIMULATIONS ET MAINTENANCE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES : APPLICATIONS DU SIMULATEUR SACEM

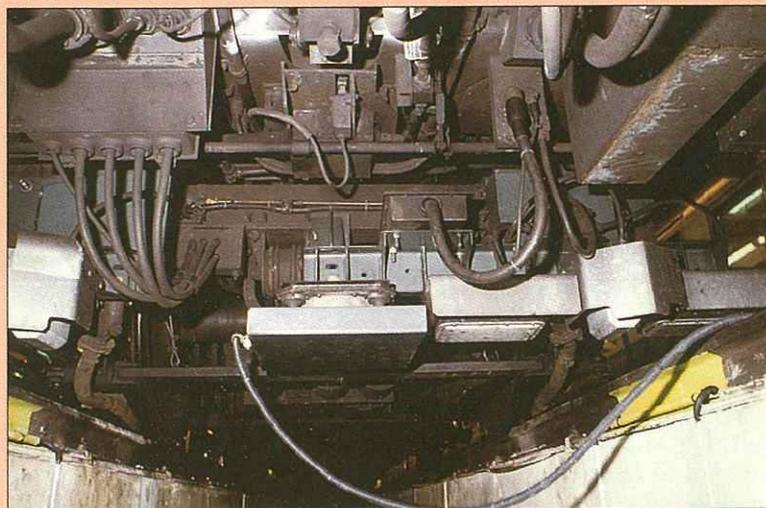
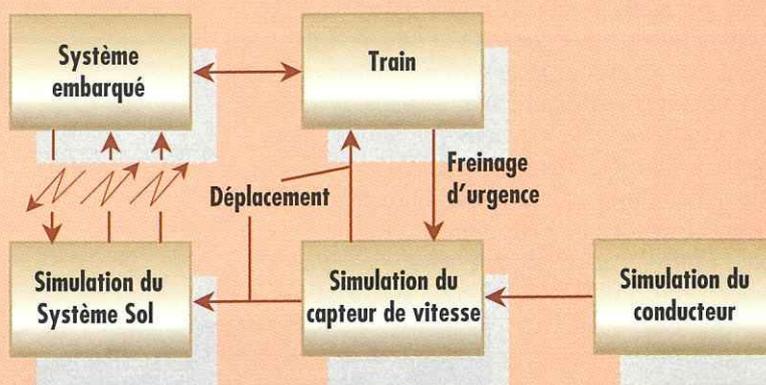
La difficulté majeure d'un simulateur quelle que soit sa destination (étude, formation ou maintenance) est sans aucun doute de "faire paraître comme réelle une chose qui ne l'est pas".

Cette difficulté réside, notamment pour les systèmes

## PRINCIPE DU PROCESSUS DE SIMULATION

1. Le conducteur simulé entraîne le déplacement du train par une simulation au niveau du capteur de vitesse.
2. Le train reçoit les informations du système sol par simulation de la transmission continue dans le rail et par simulation des balises de localisation.
3. Le déplacement du train a pour effet de modifier les consignes du système sol, ce qui va avoir pour conséquence de nouvelles consignes envoyées au train, etc.
4. Les actions du système train lui-même peuvent également modifier le comportement du train sur le système sol (freinage d'urgence par dépassement de la consigne de vitesse, par exemple).

Le lecteur pourra se reporter au n° 6 de la Revue Générale des Chemins de Fer, de juin 1990, pour une explication complète des principes et du fonctionnement du SACEM.



Simulation de la transmission ponctuelle sol/train ;  
simulation de la transmission continue sol/train ;  
réception de la transmission train/sol.



Boucle de simulation du courant dans le rail sous le capteur du train.

Doc. RATP

Doc. RATP

complexes, en une assimilation parfaite de toutes les fonctionnalités. Le simulateur devra être capable de recréer toutes les conditions réelles de fonctionnement.

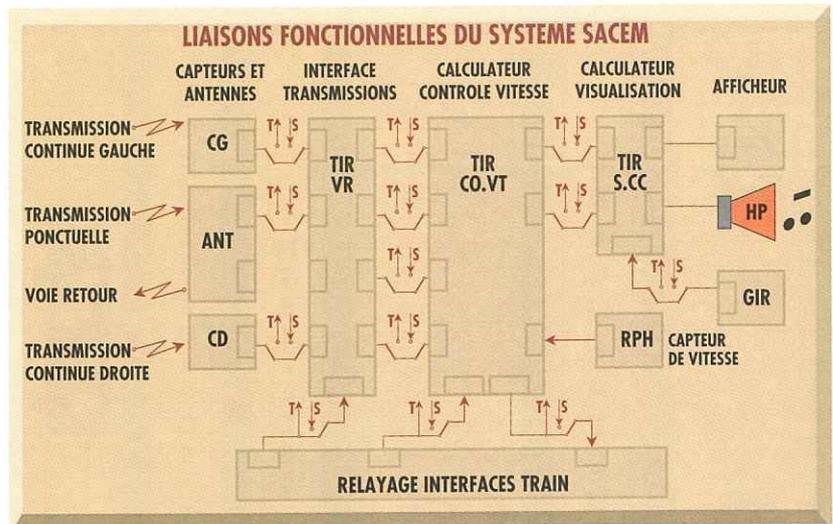
**En atelier d'entretien sur les trains**

La simulation de l'environnement nécessaire en atelier pour le test des équipements SACEM embarqués consiste à formaliser de manière parfaitement cohérente dans le temps tous les signaux perçus par le train venant du sol. Par ailleurs, il est nécessaire d'interpréter toutes les informations émises par le train, notamment celles qui sont de nature à modifier de nouveau l'environnement du sol. Dans notre cas, il s'agit typiquement de l'avance du train sur la voie, de l'interprétation des messages émis par le train, des actions du conducteur et des actions du système train sur lui-même.

Le système train fonctionne par rebouclage à travers le sol. C'est-à-dire qu'il adaptera son comportement en fonction du conducteur simulé et du système sol/train lui-même. On ne peut donc pas simuler le fonctionnement simplement en émettant des signaux pré-enregistrés.

Fort heureusement dans notre cas, bien que le système soit bouclé dynamiquement, il n'est pas nécessaire de faire appel à des modèles mathématiques complexes puisque le système sol est figé à une abscisse donnée. Cependant, la simulation a ses exigences essentiellement liées au temps d'exécution des programmes. Cette obligation d'aller vite, aussi vite que le processus physique réel, a nécessité l'utilisation des techniques dites "temps réel" pour réaliser ces outils.

*La localisation d'un équipement défaillant sur le train*  
 Au-delà du principe général de simulation qui vient d'être décrit, la problématique rencontrée en atelier sur les trains réside précisément dans la localisation de l'élément défaillant puis dans la remise en état et dans la validation du système. Cette volonté de localiser précisément l'équipement en défaut a conduit à simuler non seulement le système sol vu du train mais également tous les équipements du train les uns par rapport aux



autres. L'implantation de connecteurs de test lors de la conception du système sur le train a permis cette simulation des équipements entre eux. Par une simulation dynamique d'un parcours fictif injectée directement sous les capteurs du train, le simulateur effectue un test général des équipements. Ce parcours comprend l'ensemble des changements d'états nécessaires à la vérification des fonctions matérielles du système. L'analyse de l'ensemble des données du système permet de détecter les fonctions défectueuses. La recherche des équipements en panne est effectuée automatiquement par le système, via les connecteurs de test. Cela permet de dissocier les équipements défaillants afin d'établir le diagnostic final. En fin de test, un procès-verbal est édité sur imprimante et sert de demande de réparation pour l'équipement déposé.

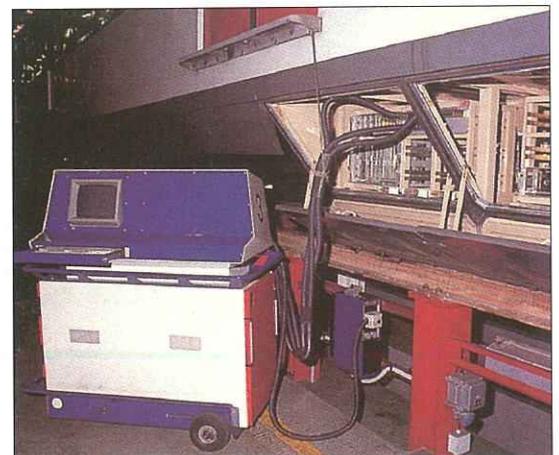
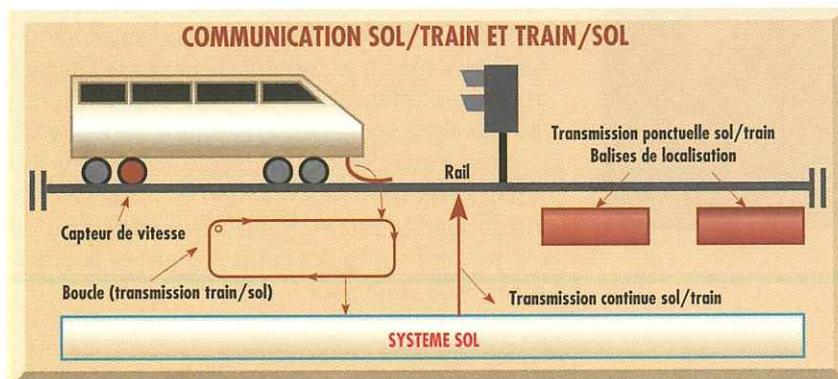


Doc. RATP

Caisson de raccordement en fosse de visite.

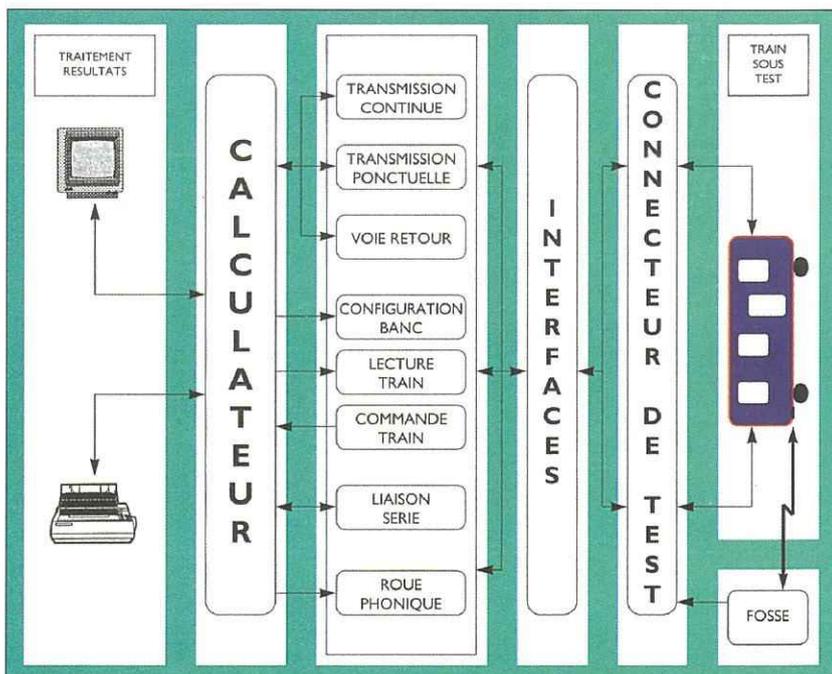
*Les infrastructures*

La complexité du dispositif de simulation a été grandement accentuée par l'implantation du SACEM sur 2 types de matériel roulant différents (le MS 61 et le MI 84). La répartition géographique des équipements, la longueur des trains et les points d'injection spécifiques à chaque maté-



Doc. RATP

Chariot de simulation.



Configuration du système de test.

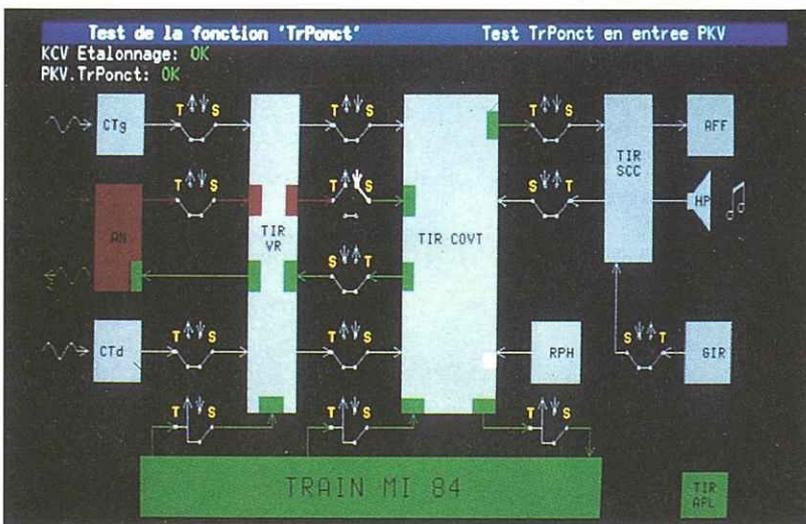
riel ont nécessité une infrastructure particulièrement complexe afin de pouvoir tester avec une même installation les deux types de train.

*Les opérateurs*

Le développement de l'interface "homme-machine" basé sur une représentation graphique des opérations a permis une utilisation aisée des simulateurs. La participation des opérateurs à la définition de l'ergonomie a contribué à une bonne intégration de l'outil.



Baie de simulation en atelier de maintenance électronique.



Écran de visualisation.

*Les zones d'initialisation sur voie d'atelier*

Des versions très simplifiées de simulateur d'atelier qui gèrent uniquement la transmission sol-train et la réception des messages train-sol ont

permis la réalisation de zones d'initialisation situées en sortie d'atelier. Ces zones permettent d'effectuer une validation globale du système sans raccordement au système de test.

**En atelier de maintenance des équipements**

Le simulateur développé pour l'atelier de maintenance des équipements électroniques reproduit dans une baie à poste fixe l'environnement train et l'environnement sol. Il confirme les diagnostics établis en atelier d'entretien. Cette méthode permet un fonctionnement se rapprochant au maximum des conditions d'exploitation. Le diagnostic final aboutit à l'échange de la carte électronique défectueuse, puis à un contrôle complet de bon fonctionnement de l'équipement. Les principes de simulation restent identiques aux versions des simulateurs d'atelier.

Des simulations complémentaires sont effectuées en endurance et en enceinte climatique pour les équipements récidivistes.

La vérification des paramètres de sécurité s'effectue pour toutes les cartes et équipements sur un testeur fonctionnel universel de la société Sextant Avionique.

*L'évolution des simulateurs de maintenance*

Aujourd'hui, sur nos matériels en cours d'étude et de livraison, de nouveaux concepts de maintenance sont utilisés pour permettre l'amélioration des diagnostics. Ces concepts issus des techniques utilisées en aéronautique sont adaptés aux besoins des matériels roulants ferroviaires. Ils intègrent des dispositifs dédiés à la maintenance, appelés BITE (Built In Test Equipment : équipement intégré de test). Ces dispositifs permettront de réduire l'utilisation des outils complexes de simulation en maintenance.

*De la maintenance à la validation*

Parallèlement, les moyens de simulation "temps réel" constituent des outils très efficaces dans le

domaine de la validation des systèmes complexes. Ces moyens sont utilisés pour la vérification des logiciels de sécurité et la validation fonctionnelle des systèmes (SACEM, Architecture Informatique des matériels MF 88, MP 89). Cela permet de contrôler, de façon très détaillée, la réponse des systèmes face à des défaillances en mode nominal et lors de situations "agressives".

## LES MOYENS DE TEST ET DE SIMULATION UTILISES

### Validation du logiciel SACEM

Les tests fonctionnels, grandeur réelle, sur machine cible ne représentent que la partie finale du processus long et difficile de validation d'un logiciel de sécurité (1). La certification des systèmes de sécurité a toujours donné lieu à des essais de validation dynamique réalisés en plate-forme dans un environnement de ligne simulée.

Les performances requises en matière de simulation "temps réel" pour la validation des logiciels sont très voisines de celles appliquées en maintenance. Toutefois, les finalités sont très différentes. En effet, le but recherché est de valider en "temps réel" toutes les fonctionnalités des logiciels y compris les modes dégradés. Pour cela, il est primordial de pouvoir jouer avec facilité un nombre de scénarios très élevés. L'application des scénarios, le dépouillement des résultats et l'exécution des tests de non-régression sont très fortement automatisés.

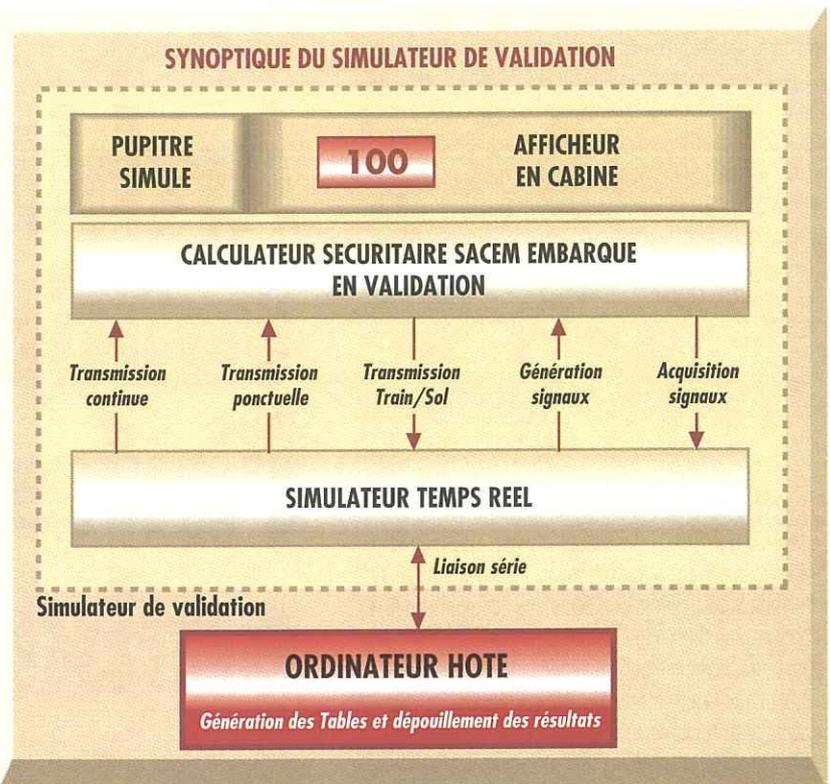
Les tests ne portent que sur le comportement du logiciel des calculateurs. Les interfaces (capteurs, antennes, etc.) n'ont pas besoin d'être testées lors de ces validations. On ne trouve dans les simulateurs de validation que "le cœur" des simulateurs de maintenance. Le matériel s'en trouve simplifié. Les tests fonctionnels sur simulateurs constituent un des meilleurs moyens de détecter les défauts, notamment ceux affectant les spécifications. Les simulateurs de validation sont également utilisés par les industriels (GEC-ALSTHOM, MATRA TRANSPORT) pour les modifications, la mise au point et la validation des logiciels.

L'ensemble des moyens de simulation SACEM (maintenance et validation) a été entièrement conçu et réalisé par l'Atelier de Maintenance des Equipements à Saint-Ouen.

## ENCHAINEMENT D'UNE SIMULATION

- Préparation des scénarios de simulation sur un ordinateur hôte de type VAX
- Génération automatique des tables de simulation sur ordinateur hôte (préparation des tables de messages codés)
- Téléchargement des tables de simulation dans le simulateur "temps réel"
- Exécution de la simulation et acquisition de l'ensemble des variables
- Récupération des résultats sur VAX
- Dépouillement et analyse

L'ensemble de ces opérations est automatisée.



## A PROPOS DES SIMULATEURS SACEM

L'ensemble des développements de simulateurs SACEM à la RATP comprend :

- 11 simulateurs d'atelier, 1 simulateur en atelier de maintenance des équipements,
- 4 baies de simulation à poste fixe, 4 simulateurs de validation des logiciels dont un à la SNCF,
- 18 voies d'atelier équipées, 4 zones d'initialisation sur voies d'atelier,
- 1 700 cartes électroniques réalisées,
- 10 hommes/an d'étude, 50 000 lignes de logiciel.

L'ensemble des études des simulateurs a été vendu à la société MATRA TRANSPORT pour le métro de Mexico. Deux simulateurs d'atelier supplémentaires ont été réalisés.

De nouvelles applications sont déjà en cours d'étude pour les développements du SACEM :

- l'adaptation des simulateurs au MI 2N,
- les extensions pour les simulations du SACEM simplifié aux branches de la ligne A,
- de nouvelles adaptations pour SACEM Hong Kong.

### Validation de l'informatique embarquée (TIME)

D'autres systèmes de simulation ont également été développés en collaboration avec l'unité Etudes du département MRE. Il s'agit de plates-formes de simulation permettant la validation globale de l'ensemble matériel et logiciel des équipements informatiques embarqués sur les nouveaux matériels roulants de la RATP : MF 88 et MP 89. Ce sujet a été abordé dans l'article de M. Henry Bordenave (RGCF, mars 1991) : *l'Architecture informatique des matériels roulants ferroviaires de la RATP*.

Il est approfondi dans l'article qui suit de M. Christian Galivel : *"Matériels ferroviaires : architectures et validations de l'informatique embarquée"*. ■

(1) La validation des logiciels de sécurité est réalisée par le département IDP à l'atelier de qualification des logiciels.

**MATERIELS FERROVIAIRES : ARCHITECTURES  
ET VALIDATIONS DE L'INFORMATIQUE EMBARQUEE**

Le département du Matériel Roulant Ferroviaire a toujours cherché à améliorer les performances des matériels mis à la disposition des exploitants. L'introduction de réseaux informatiques sur les nouveaux matériels roulants s'imposait donc, s'agissant de permettre l'échange de très grandes quantités d'informations grâce à des ordinateurs autorisant la réalisation de nombreuses fonctions complexes. Pour y parvenir, MRF a développé de puissants outils qui permettent la validation globale de ces nouveaux équipements avant leur validation.

**RAILWAY ROLLING STOCK: ARCHITECTURE  
AND VALIDATION OF ON-BOARD COMPUTER SYSTEMS**

The Railway Rolling Stock Department has always sought to improve performance levels of rolling stock for operation. It was therefore essential to introduce computer networks as part of the equipment on new rolling stock. Such networks facilitate the exchange of numerous information through the use of computers capable of processing a large number of complex functions simultaneously. To achieve this objective the Railway Rolling Stock Department has developed powerful tools which enable global validation of equipment prior to individual validation of constituent elements.

**SCHIENENFAHRZEUGE: AUSFÜHRUNGEN UND  
FREIGABEN DER EINGEBAUTEN INFORMATIKSYSTEME**

Die Abteilung für Schienenfahrzeuge versuchte seit langem schon, die Leistungen der den Betreibern zur Verfügung gestellten Fahrzeuge zu erhöhen. Die Einfügung von Informatiksystemen in die neuen Fahrzeuge wurde also unbedingt notwendig. Es handelt sich hier um die Möglichkeit, eine Höchstzahl an Informationen auszutauschen, in dem man Computer einsetzt, die in der Lage sind, zahlreiche komplizierte Funktionen auszuführen. Um dies zu erreichen hat die Abteilung für Schienenfahrzeuge leistungsstarke Geräte entwickelt, die die Gesamtkontrolle dieser neuen Ausrüstungen vor ihrer Freigabe ermöglichen.

**MATERIALES FERREOS : ARQUITECTURAS  
Y VALIDACIONES DE LA INFORMATICA EMBARCADA**

El Departamento del Material Rodante Férreo ha tratado siempre de mejorar las cualidades técnicas de los materiales a disposición de los explotantes. La introducción de redes informáticas a bordo de los nuevos materiales rodantes era indispensable para permitir el intercambio de grandes cantidades de información mediante computadoras capaces de efectuar funciones múltiples y complejas. Para lograrlo, el Departamento MRF ha desarrollado potentes instrumentos que permiten validar globalmente estos nuevos equipos antes de autorizarlos.

**MATERIELS FERROVIAIRES**

# Architectures et validations de l'informatique embarquée

par Christian Galivel,  
Département du Matériel  
Roulant Ferroviaire

**P**our satisfaire l'attente de ses clients, le département MRF (Matériel Roulant Ferroviaire) a toujours cherché à améliorer les performances des trains. Mais le nombre et les performances toujours croissants des fonctions réalisées à bord des dernières générations de matériels roulants ont entraîné une complexification des blocs réalisant ces fonctions (relayage et électronique câblée) et, de ce fait, un accroissement du câblage et une multiplication des points de connexion.

Des conditions d'environnement difficiles (poussière, humidité, vibrations...) fragilisent les réalisations traditionnelles et entraînent :

- une diminution de la fiabilité et donc de la disponibilité,
- une complication des tâches de maintenance.

**Complexité croissante des matériels (pour une rame ou un élément)**

MATÉRIEL	GÉNÉRATION	CABLES	RELAIS	CARTES ÉLECTRONIQUES
Sprague	Début du siècle	5 km	0	0
MP 59	1959	20 km	350	40
MF 67	1967	25 km	300	120
MF 77	1977	50 km	330	200
MI 79 RER	1979	130 km	350	520

MF & MI : matériels sur roulement Fer  
MP : matériels sur roulement Pneu



et d'établir les diagnostics nécessaires à la maintenance de premier niveau.

Les informations de maintenance enregistrées sont transmises à l'atelier via des liaisons hyperfréquence, et une information précise sur l'état du train est fournie au conducteur sur une console de visualisation.

**L'architecture informatique du MP 89**

Les trains MP 89 appelés à circuler sur les lignes 1 et Météor sont constitués de 2 remorques et 4 motrices.

Le SIE du MP 89 comprendra 12 calculateurs, reliés entre eux par le réseau à jeton TORNAD développé par GEC-Alsthom Transport.

Pour le MP 89, la puissance des calculateurs utilisés a permis de simplifier la configuration en intégrant la fonction de conduite dans les ordinateurs des voitures extrêmes du train.

Comme sur le MF 88, des dispositifs de test BITE sont également inclus, dès la conception, dans les calculateurs du MP 89 qui sont redondés entre eux.

**LA VALIDATION DES ARCHITECTURES**

Ces architectures innovantes mettent en jeu des techniques nouvelles dans un environnement nouveau. Leur situation dans les chaînes de commande et de contrôle de trains implique, pour obtenir la disponibilité exigée, que les défaillances des SIE soient parfaitement maîtrisées.

Aussi le département MRF a-t-il développé et mis au point des outils qui permettent la validation globale, avant la livraison des équipements, de l'ensemble "matériel-logiciel" de ces nouveaux équipements embarqués.

(1) BITE (Built In Test Equipment) : Equipement de test intégré. Concept d'architecture permettant d'intégrer dans les équipements eux-mêmes des tâches de maintenance, sans adjonction de matériel supplémentaire.

RATP - COM/AV - B. Chabrol

**ETHERNET ET MF 88**

ETHERNET est un protocole de réseau à gestion décentralisée, qui n'utilise aucun élément logique ou physique unique pour autoriser l'accès au support de transmission (CSMA : Carrier Sense Multiple Access - Accès multiple avec détection de porteuse).

La détection d'erreur (collisions entre messages émis au même instant par différents émetteurs...) se fait par écoute simultanée de l'émission.

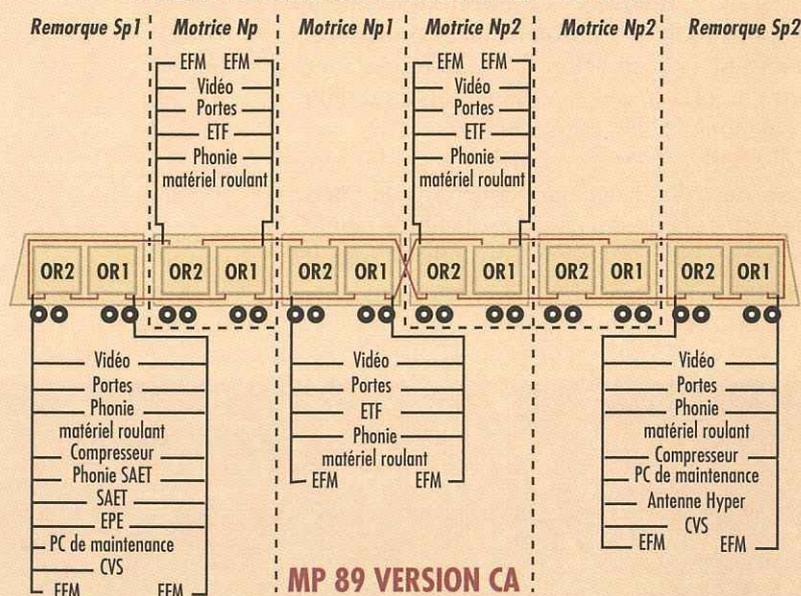
La résolution sur erreur peut être de deux types, aléatoire (CSMA/CD) ou déterministe (CSMA/DCR). Le réseau du MF 88 est le réseau FACTOR de la société APTOR. FACTOR est un réseau ETHERNET CSMA/DCR.

**Caractéristiques techniques :**

Topologie : de type bus redondant multi-segments  
Méthode d'accès : 802.3 CSMA/DCR (résolution déterministe des collisions) avec accès direct couche MAC.  
Support médium : câble coaxial avec un débit de 10 Mb/s.

Longueur du réseau : 75 m (2,8 km max. en standard).  
Nombre de stations : 8 (128 max.).  
Transmission : tables de moins de 200 octets.  
Administration de réseau : configuration en PROM réparties sur toutes les stations.  
Format des stations : cartes VME.

**SYSTEME INFORMATIQUE EMBARQUE DES TRAINS MP 89**



**CA : Conduite Automatique (sans conducteur)**

- CVS : Convertisseur Statique ————— équipements à microprocesseur
- ETF : Equipement de Traction Freinage ————— et GTO (composant électronique de puissance)
- EFM : Equipement de Freinage Mécanique
- EPE : Enregistrement des Paramètres d'Exploitation —————
- OR : Ordinateur ————— calculateurs à microprocesseur
- SAET : Système d'Automatisation de l'Exploitation des Trains —————

**TORNAD ET MP 89**

**Technique du bus à jeton**

Utilisation de la norme IEEE802.4 (anneau logique sur bus physique) sur un anneau physique.  
Droit d'accès au médium contrôlé par un droit à la parole ou "jeton".

**Communication**

Transfert fiable en mode connecté "normal" ou "express".  
Mode datagramme (non fiable) point à point ou en diffusion.  
Détection et recouvrement d'erreur.  
Contrôle de flux.  
Segmentation et réassemblage des messages.  
16 octets en mode express.  
1 024 octets par message en mode normal.

**Niveau Physique**

Support de transmissions : paires torsadées blindées.  
Codage Manchester différentiel (aucune composante continue, indépendance de la polarité des paires, meilleur rapport Signal/Bruit).  
1 mégabit par seconde.  
Régénération du signal électrique à chaque équipement.  
Redondance des signaux électriques (émission et réception simultanées dans les deux sens de rotation de l'anneau).

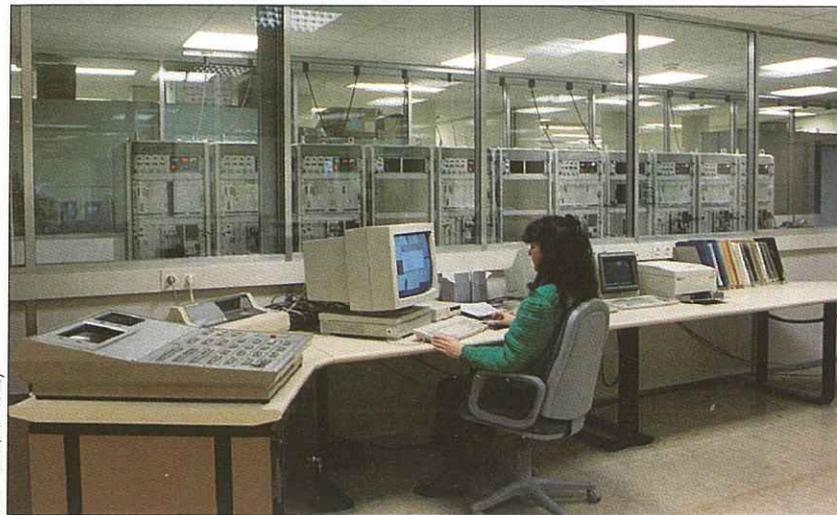
**Administration, diagnostic**

Administration de réseau centralisée et/ou décentralisée.  
Ensemble de compteurs et seuils indiquant l'état du réseau.  
Ensemble de services et d'informations relatifs à l'état du réseau.

**TERESA (Testeur de Réseaux)**

Les informations que s'échangent sans discontinuer les différents calculateurs embarqués des SIE transitent par le réseau local embarqué.

Le testeur TERESA permet de valider la part "communications" des SIE réalisée par ces réseaux locaux. Le principe de cette validation repose sur la stimulation du réseau réel par différents scénarios qui permettent de juger de son aptitude à véhiculer l'information dans les situations de fonctionnement qui peuvent être rencontrées. Afin d'apprécier les capacités du réseau de la façon la plus complète, celui-ci est soumis à différents trafics qui recréent, soit les situations clas-



Le test TERESA.

siques, soit les cas d'environnement dégradé (perturbations électromagnétiques, panne interne ou externe au réseau...). De façon à pouvoir simuler n'importe quel type de trafic sur le réseau, chaque scénario de test spécifie des paramètres aussi divers que le nombre d'émetteurs, le nombre de récepteurs, les types et longueurs de messages, les instants d'émission, etc.

Chaque expédition de message élémentaire donne lieu à une mesure de temps de transfert entre son émetteur et son consommateur. L'ensemble de ces mesures est collecté de façon à caractériser le comportement du réseau face aux stimuli auxquels il a été soumis (temps de réponse, taux d'erreur...). Les stimuli et les mesures sont enregistrés dans une base de données afin de pouvoir procéder à des analyses complémentaires ou à des comparaisons entre différents réseaux.

Ainsi, le réseau FACTOR, pour son utilisation sur le MF 88, a été validé sur TERESA. Le réseau TORNAD du MP 89 a lui aussi été soumis aux tests de TERESA. Ces tests ont mis en évidence des imperfections qui furent alors corrigées par les industriels en charge des réseaux.

On peut par ailleurs noter que la SNCF qui utilise

le réseau TORNAD dans un contexte TGV a eu, à sa demande, connaissance des résultats des tests TERESA.

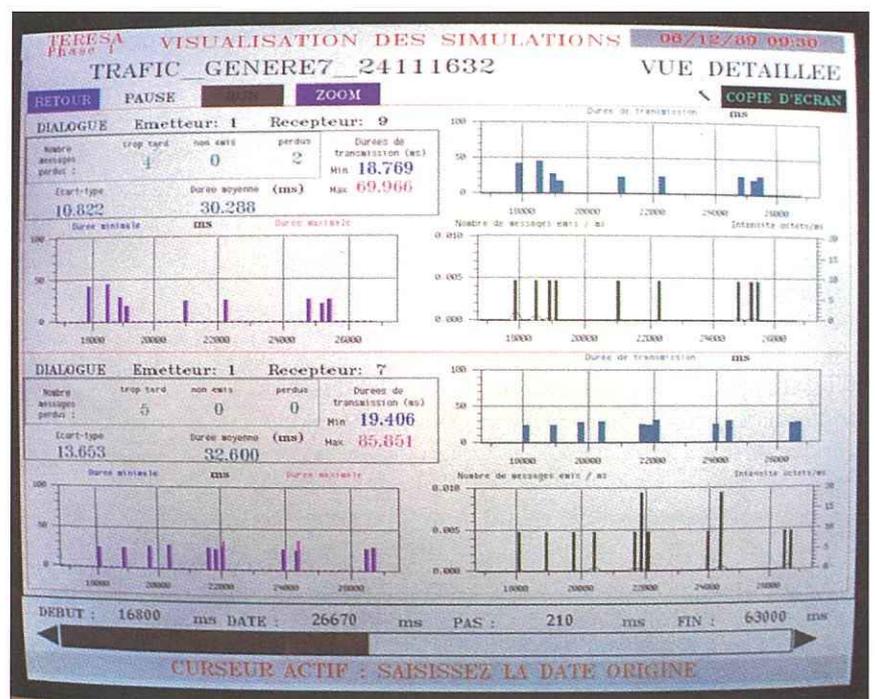
**TIME (Testeur Informatique de Matériel Embarqué)**

TERESA ayant pour objet de valider les aspects "communications" des SIE, il ne peut suffire pour valider le fonctionnement global des SIE. L'objectif de TIME est donc de valider, en temps réel, l'architecture informatique répartie sur le train dans sa globalité : réseau de communication et ensemble des calculateurs du SIE.

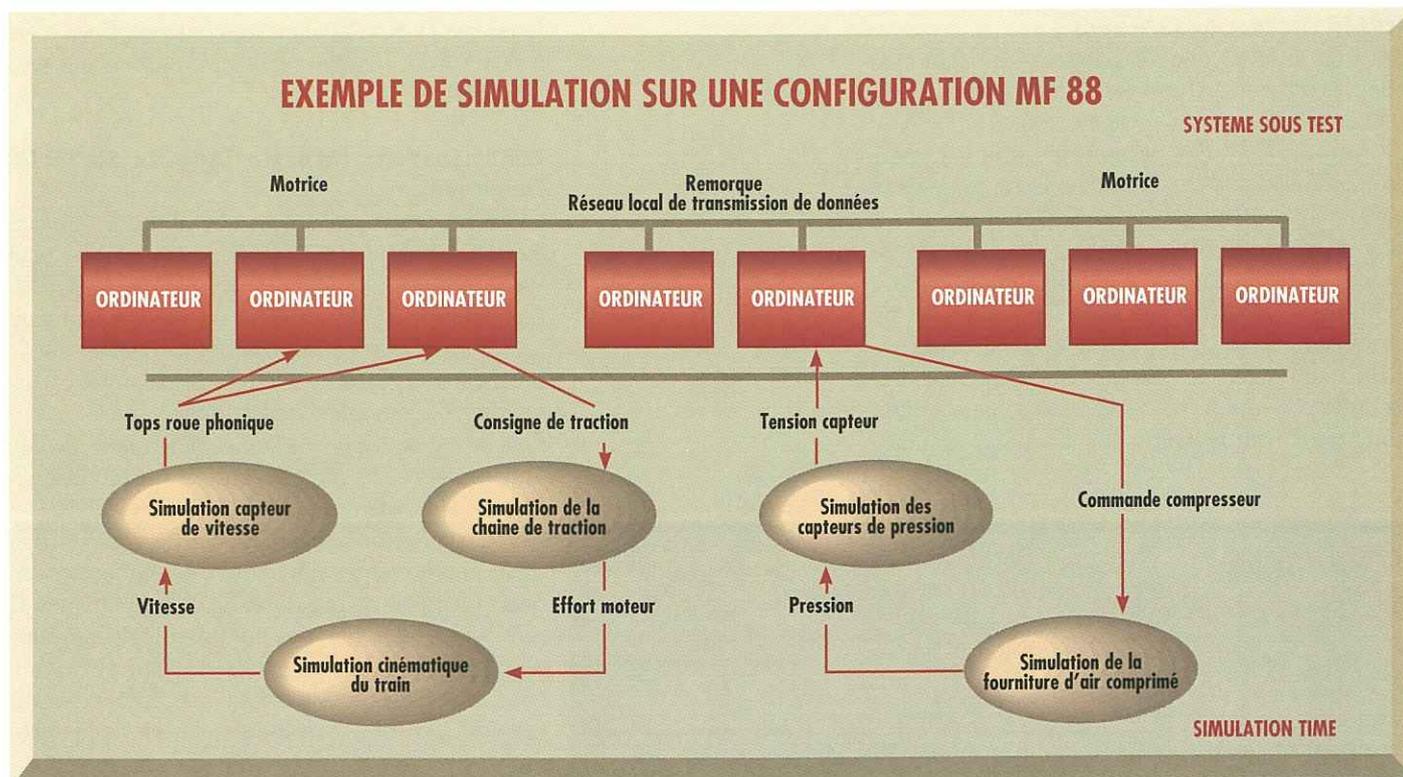
Lors des tests, les divers équipements réels du SIE (calculateurs...) sont placés dans un environnement simulé, identique à celui du train.

Cette simulation en temps réel de l'environnement comprend les différents capteurs et actionneurs (capteurs de pressions, de vitesse, chaînes de relaiage...), les organes commandés (compresseurs, portes, équipements de traction et de freinage...), les organes de commande du conducteur (pupitre, console...) et une simulation de la dynamique du train.

Ces simulations sont évidemment rebouclées : une commande de traction issue des ordinateurs aura pour conséquence une augmentation de la vitesse perçue par les capteurs de vitesse. Cette augmentation sera conforme à celle que capteraient les ordinateurs sur un train réel. Chaque organe peut être simulé en fonctionnement normal ou présenter une ou des pannes prévues dans un catalogue spécifique. La représentation des organes simulés et du schéma électrique du train est réalisée grâce à un système de Conception Assistée par Ordinateur. Elle est convertie auto-



Le testeur TIME.



matiquement par TIME en un logiciel de simulation exécutable et la réponse temporelle des différents organes est simulée via leur fonction de transfert. Valider l'informatique embarquée consiste alors à vérifier que le comportement des équipements est conforme à ce qui est prévu dans les spécifications fonctionnelles, et ce, en mode normal ou en mode dégradé (présence d'une ou de plusieurs pannes).

La vérification d'une fonction est faite en activant, sous forme de scénario, les entrées du système correspondant à la fonction testée, et en enregistrant les réactions des équipements sous test. Les scénarios décrivent les stimuli appliqués sur les entrées. Ces stimuli respectent une combinaison prévue dans les spécifications (tests de conformité) ou non prévue, afin de vérifier la résistance du système à un environnement anormal (tests d'agression). Chaque scénario étant ré-exécutable, des tests de non-régression sont menés lors des évolutions de la conception.

TIME, opérationnel pour le test de l'architecture informatique du MF 88 depuis fin 1991, a été utilisé pour suivre et compléter les essais qui se sont déroulés sur le train prototype. Il a permis de détecter des anomalies, de valider et de mettre au point des solutions les corrigeant. TIME est en cours d'évolution pour s'adapter à l'architecture informatique du MP 89, de manière à pouvoir débiter les essais de validation, dès la fabrication des premiers calculateurs et sans attendre l'arrivée d'un train prototype.

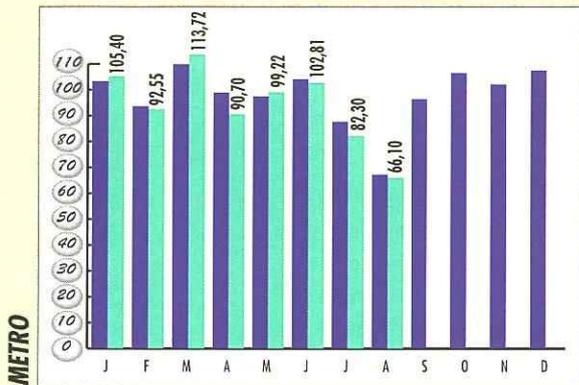
## PERSPECTIVES

Alors que le MF 88 est opérationnel sur notre réseau depuis quelques mois, le MP 89 est en pleine phase d'études. Les systèmes informatiques embarqués y tiennent une place importante. Mais il est à prévoir que le rôle qu'ils joueront sur les futurs matériels roulants que la RATP devra acquérir sera encore plus important, permettant alors de diminuer toujours plus les câblages et les connexions.

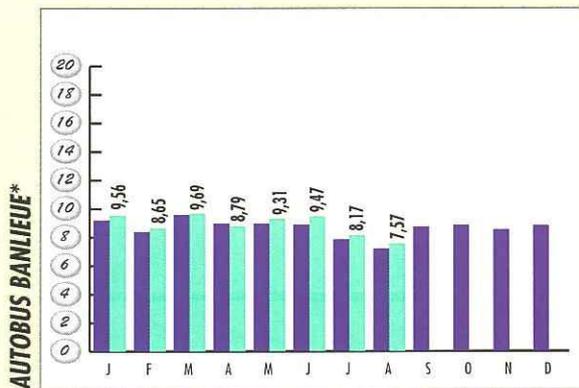
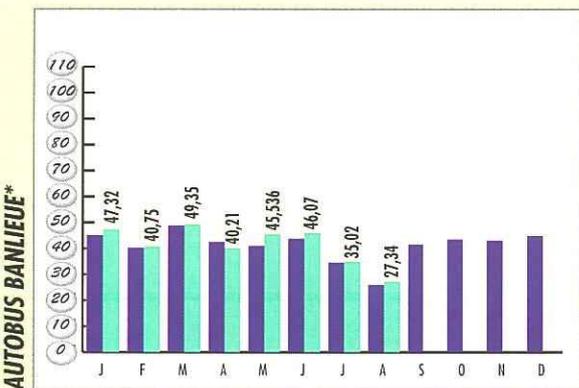
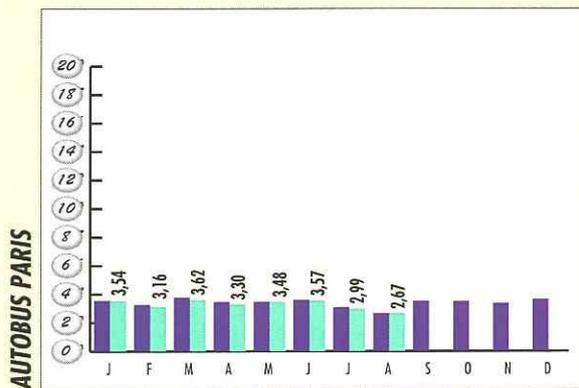
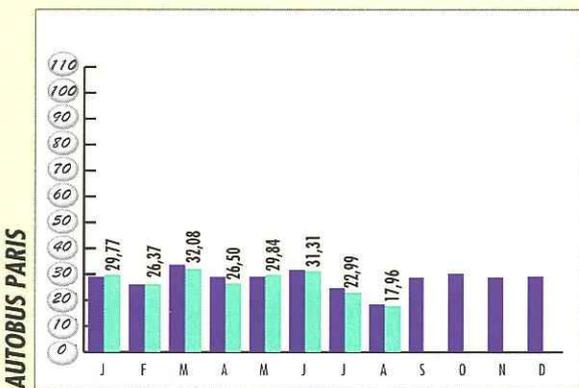
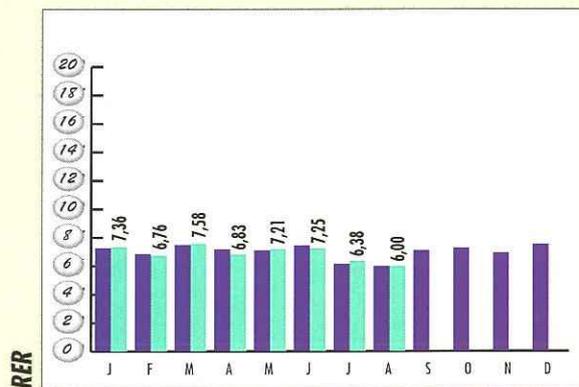
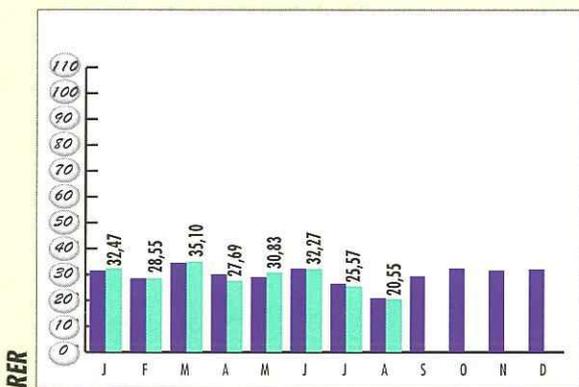
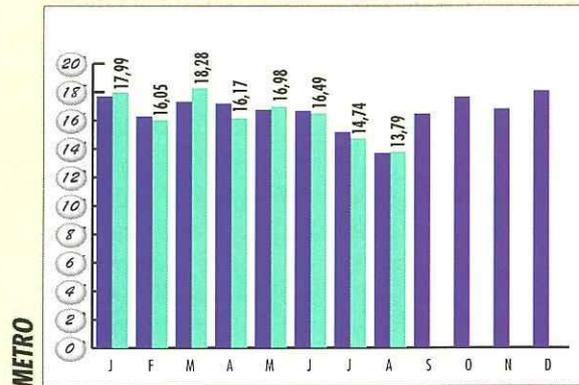
TERESA sera sans aucun doute l'outil de test de ces réseaux du futur (réseau voiture...); TIME restera, pendant toute la durée de vie des matériels MF 88 et MP 89, un outil de validation du fonctionnement de ces architectures et permettra, en particulier, de valider d'éventuelles modifications et de réduire les temps de mise au point des matériels futurs. ■

# TRAFFIC & SERVICES

## Millions de voyages effectués



## Millions de km-voitures



1994  
1993

\* Y compris Tramway

# UN NOUVEAU CONTRAT DE PLAN ETAT-REGION

Un nouveau contrat de Plan a été signé le 20 juillet entre l'État et la Région Ile-de-France pour la période 1994-1998.

Il annonce cinq domaines d'action privilégiés : l'emploi et la formation, les transports et les communications, l'environnement et le cadre de vie, le logement et les solidarités, la politique de la ville. Un tiers des 34,4 milliards de francs de dépenses programmées - soit 11,6 milliards - sera consacré aux transports en commun. Il s'agira de poursuivre la réalisation des grandes liaisons régionales, de créer un réseau maillé en Petite

Couronne et d'assurer une meilleure desserte des pôles d'emplois de la Grande Couronne. Les objectifs affichés sont ambitieux et la RATP, comme la SNCF, sera en première ligne pour leur concrétisation, notamment par :

- la poursuite de l'opération Météor et ses prolongements jusqu'à Saint-Lazare au nord et Tolbiac-Nationale au sud, de la réalisation de la ligne D dans Paris et de celle de la liaison SNCF EOLE ;

- la mise en œuvre du projet Orbitale et son maillage avec plusieurs lignes de métro prolongées (la 13 à Saint-Denis - Université et la 4 à Bagneux) ;
- le prolongement du Trans Val-de-Marne de Rungis à Croix-de-Berny ;
- la poursuite des travaux de réalisation du Tram Val-de-Seine et son prolongement au nord de La Défense et à Porte de Versailles. Par ailleurs, de nombreuses opérations concerneront la créa-



tion de dessertes des pôles d'emplois de la Grande Couronne, notamment par la réalisation de liaisons tangentielles.



**CONTRAT DE PLAN ETAT-REGION  
1994-1998**

**Liste des opérations  
de transport en commun**

**I - GRANDES LIAISONS REGIONALES**

- 1 EOLE - nord-est / Saint-Lazare Condorcet
- 2 EOLE à Champigny
- 3 RER ligne D - Châtelet / Gare de Lyon
- 4 RER C - déplacement de la gare Masséna
- 5 METEOR - Madeleine / Tolbiac - Masséna
- 6 METEOR - Madeleine / Saint-Lazare
- 7 METEOR - Tolbiac-Masséna / Tolbiac Nationale
- 8 RER C - Paris Champs de Mars

**II - CREATION D'UN RESEAU MAILLE EN PROCHE COURONNE**

- 9 Tram Val de Seine Issy-plaine / La Défense
- 10 Métro ligne 13 à Saint-Denis Université
- 11 Trans Val-de-Marne Saint-Maur / Rungis
- 12 Métro ligne 4 à Bagneux
- 13 Prolongement du Trans Val-de-Marne de Rungis à La Croix de Berny
- 14 Liaison Issy / Clamart / Meudon / Vélizy / Viroflay
- 15 Prolongement du Tram Val-de-Seine vers le nord au-delà de La Défense
- 16 Prolongement du Tram Val-de-Seine Issy-Plaine / Porte de Versailles
- 17 Site Propre - Clichy - Montfermeil
- 18 Divers sites propres (non représentés)
- 19 Desserte du Grand Stade à Saint-Denis (RER B et D)

**III - DESSERTE DES POLES D'EMPLOIS DE LA GRANDE COURONNE**

- 20 Grande ceinture à Saint-Germain et Noisy
- 21 Liaison Saint-Quentin-en-Yvelines / La Défense
- 22 RER D - Desserte Est de Sénart
- 23 RER B - Desserte de Roissy
- 24 Navette pour l'extension du Parc des Expositions à Villepinte
- 25 Tangentielle ouest
- 26 Tangentielle nord entre Pontoise et Ermont
- 27 Tangentielle nord entre Ermont et Stains (études et A. F.)
- 28 Tangentielle sud - Massy / Evry : Gare d'Epinay-sur-Orge
- 29 Liaison Velizy / Viroflay (études)
- 30 Seine Aval Rive Gauche - Rive Droite (études et A. F.)
- 31 RER C - Savigny / Brétigny (études et A. F.)
- 32 Tangentielle sud - Massy / Evry (études et A. F.)

**IV - OPERATIONS INSCRITES AU TITRE DE LA POLITIQUE DE LA VILLE**

- 10 Métro ligne 13 à Saint-Denis Université
- 33 RER C - Terminus technique à Gennevilliers
- 34 Tramway Bobigny / Noisy-le-Sec
- 35 Site propre RN 305 Ivry / Choisy-le-Roi

(Voir carte ci-contre)

## QUEL AVENIR POUR LES TRANSPORTS ET L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE EN ILE-DE-FRANCE ?

*Nous vous présentons ici la synthèse de deux interventions à la conférence EUROFORUM qui s'est tenue sur ce thème au mois de mai, la première d'Armand Braun, Président de la Société internationale des Conseillers de synthèse, sur la mobilité des personnes en Ile-de-France, la seconde d'Edith Heurgon, de la RATP, sur le renouveau des transports publics en IDF.*

Le premier intervenant met tout d'abord en évidence le paradoxe existant entre la qualité des moyens de déplacements en Ile-de-France et le mécontentement des voyageurs ayant pour cause leur inadaptation aux besoins actuels, mais aussi l'opposition entre l'augmentation des besoins de déplacement et la stagnation, voire la diminution, du trafic.

Pour tenter de gommer ces difficultés, il s'agit de trouver une nouvelle référence de l'avenir en s'intéressant à deux transformations perceptibles : celle de la géographie humaine et celle du comportement des gens.

La région parisienne devient lentement mais sûrement une région polycentrique qui impose de traiter sur le même plan le centre et la banlieue. Paris n'est plus le seul "soleil" de la région, mais d'autres astres sont en train de naître.

### Trouver de nouvelles modalités

Les gens aussi ont changé leurs comportements. Aujourd'hui, on se déplace autrement, à d'autres moments, vers d'autres destinations, pour d'autres raisons et à d'autres rythmes. Tous ces phénomènes sont en train de s'installer dans le paysage et de le transformer. L'exemple de Paris intra-muros est à cet égard significatif. Son rayonnement, fondé sur les flux du pouvoir, du travail, du tourisme et du commerce, est parfois remis en question au profit de la banlieue ou de plus loin encore.

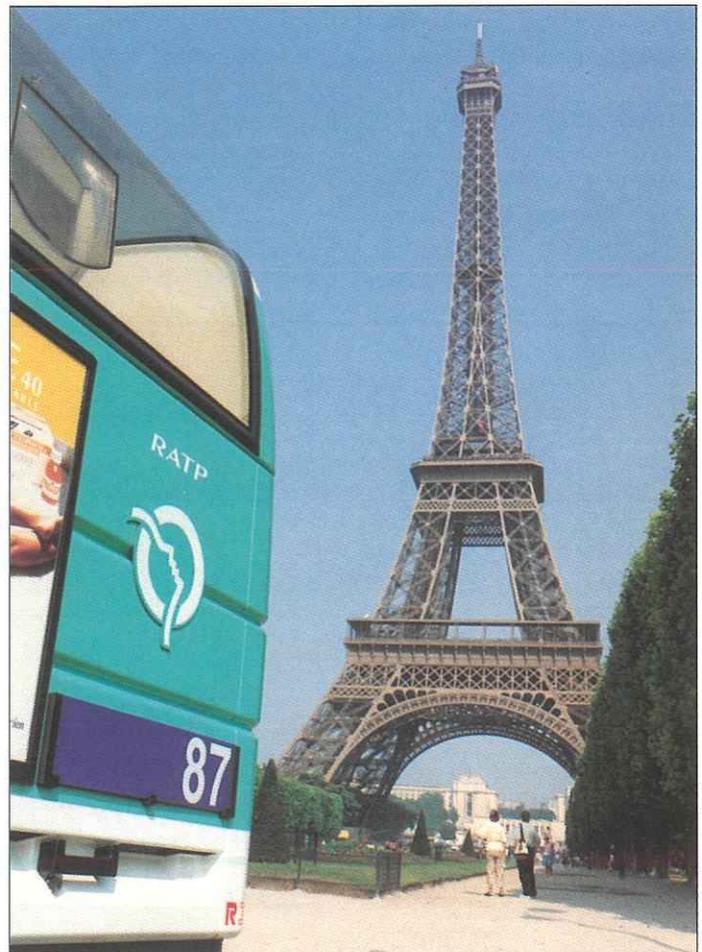
L'enjeu, essentiel pour l'avenir

et, par ailleurs, commun à d'autres grandes métropoles, est donc de trouver des modalités nouvelles pour accroître le trafic des transports en commun, en offrant une meilleure qualité au moindre coût et au plus près des attentes des voyageurs. En ayant toujours à l'esprit la nouvelle solidarité de destin entre Paris et sa périphérie.

Trois orientations sont propo-

sées pour ce faire : accroître la satisfaction des voyageurs, la relance de l'activité économique, et une nouvelle approche de l'aménagement du territoire national.

Dès maintenant, Armand Braun propose un scénario de réponse aux besoins : rassurer les Franciliens en les écoutant, en expliquant les mutations en cours, en crédibilisant les grands projets, pen-



Paris n'est plus le seul "soleil" de la région.

ser ensemble l'aménagement du territoire et la mobilité des personnes, apprendre à travailler de concert. Pour Edith Heurgon, il s'agit d'essayer les solutions visant à un renouveau des transports publics, capables de structurer les territoires urbains et d'apporter des services à valeurs ajoutées aux différentes clientèles. L'espoir sera alors de concilier rationalité collective et choix individuels. Analysant territoires, réseaux, services, un double décalage est constaté depuis le début du siècle. Le premier se rencontre entre les réseaux et l'aménagement du territoire, où chacun peut métamorphoser l'autre, mais où l'on constate que souvent les premiers sont en situation de rattrapage par rapport au second. Le deuxième décalage se situe entre les services offerts et les attentes des Franciliens, phénomène générateur de baisse du trafic et de déséquilibre de l'ensemble de l'économie du système.

**Un double défi pour la Région**

L'Ile-de-France est aujourd'hui confrontée à un double défi : les déséquilibres et la croissance démographique. A cet égard, la maîtrise du rythme des change-

ments est primordiale. Le type de croissance que l'on veut pour l'Ile-de-France pourrait être celui d'une agglomération polycentrique, structurant de vrais centres urbains grâce à des réseaux maillés de transport public, facteur essentiel de l'attraction de la Région-capitale. Mais tandis que l'offre de transport collectif est bonne à Paris où le marché est stable, elle est largement "déficitaire" par rapport à la voiture particulière en Petite Couronne, où la croissance de la population et des emplois est importante, et en Grande Couronne, où ces deux paramètres connaissent une véritable explosion. C'est donc, pour l'instant, la Première Couronne qui constitue l'enjeu d'aménagement principal, afin d'éviter que la croissance ne se porte majoritairement vers les zones périphériques qui abritent quelque 4 millions d'habitants et de nombreux services de niveau régional. Le récent Schéma directeur envisage un réseau maillé et hiérarchisé de transports en commun, avec comme priorité les dessertes de banlieue à banlieue grâce à des lignes de rocade à fréquences et vitesses élevées comme ORBITALE.

**PLEIN "SIEL" SUR LE RER**

Le Système d'Information sur l'Exploitation de la Ligne, destiné à donner à l'ensemble des voyageurs l'information en temps réel, sur les 5 prochains trains à venir et sur l'état du trafic en cas de perturbation, a fait ses preuves sur la ligne A du RER. La totalité des 34 gares en sont désormais dotées.



Prototype d'afficheur

C'est maintenant au tour des gares de la ligne B d'en être équipées. Ainsi, près de 220 écrans sont installés et opérationnels depuis septembre dernier, faisant bénéficier, à leur tour, de l'info en temps réel, les voyageurs de cet important axe nord-sud.

Au total, ce sont 575 points d'affichage qui existent sur le réseau, couvrant ainsi l'ensemble des lieux où se trouvent les voyageurs.

**TVM : PREMIER ANNIVERSAIRE**

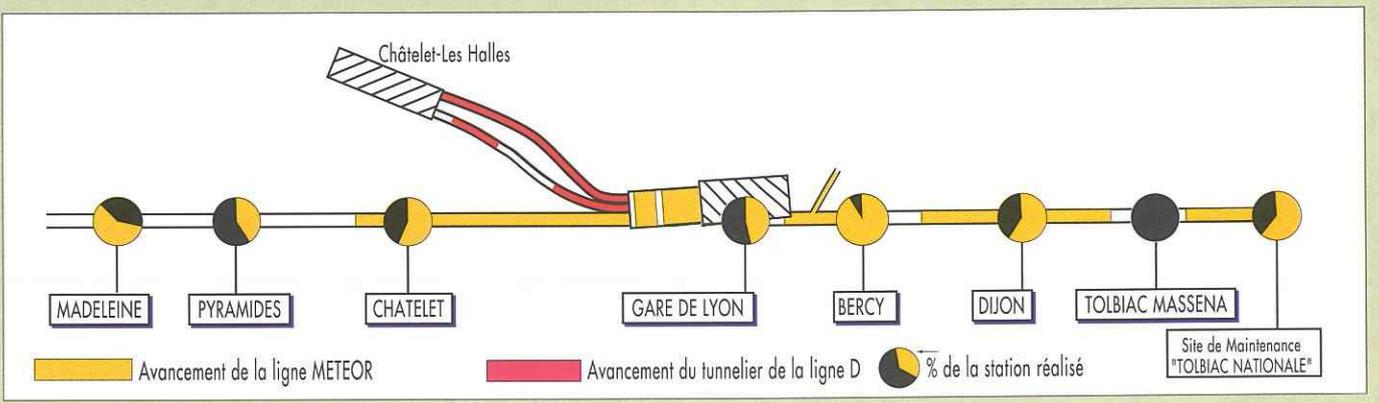
Il y a un an, le 1er octobre 1993, le plus long site propre réservé aux autobus en Europe était mis en service en Ile-de-France, entre le Marché international de Rungis et la gare RER de Saint-Maur-Créteil : le Trans Val de Marne. Depuis cette date, le succès ne s'est pas démenti, avec une fréquentation journalière de quelque 22 000 voyageurs, ce qui porte le nombre total d'utilisateurs du Tvm à 5 millions. Ainsi ont été reconnues les qualités de fiabilité, de régularité et de confort de ce produit nouveau qui marque l'évidence la priorité d'usage du sol aux transports collectifs.



RATP - COM / AV - B. Marguerite

**METEOR : AVANCEMENT DES TRAVAUX**

Les travaux de la nouvelle ligne de métro Météor sont entrés dans une phase active. Chaque trimestre, "Savoir-Faire" vous présente l'état d'avancement des travaux de génie civil, tant en ce qui concerne les tunnels que les stations. Le schéma ci-dessous montre cet état d'avancement au 31-08-94 et celui des tunnels SNCF de la ligne D du RER sous maîtrise d'ouvrage RATP.



## LILLE : DU NOUVEAU DANS LES TRANSPORTS

Les transports de l'agglomération lilloise changent leur image et se modernisent par un nouveau logo, une multimodalité renforcée, un biocarburant et un nouveau tramway.

C'est le 2 mai 1994 que "TCC", Transports en Commun de la Communauté, est devenu "Transpole". Au travers de cette nouvelle dénomination, l'entreprise souhaite se mettre à l'heure de l'Europe, avec la mise en circulation de son nouveau tramway et l'ouverture de la station de métro "Gare Lille-Europe". Entreprise privée mandatée pour l'exécution d'un service public, "Transpole" entend ainsi contribuer à l'amélioration de la vie des habitants d'une euro-métropole en pleine mutation.

**La multimodalité dans la Communauté Urbaine de Lille**  
87 communes, 1 100 000 habitants, 600 km<sup>2</sup>, telles sont les principales données pour la mission des transports en commun au sein de la Communauté Urbaine de Lille. Pour assurer des transports pour tous, la complémentarité des réseaux s'est avérée nécessaire. Le réseau lourd regroupe les moyens de transport circulant en site propre : 8 lignes ferroviaires



qui rayonnent autour de la gare Lille-Flandres, desservant 36 communes, les 2 lignes du VAL (25 km et 35 stations) et la toute nouvelle ligne du tramway moderne (19 km et 36 arrêts).

Le réseau de bus est constitué de 33 lignes de bus urbaines auxquelles s'ajoutent 31 lignes suburbaines exploitées par des transporteurs privés avec tarification urbaine.

Des autobus articulés ont été affectés à certains services aux heures de pointe alors que des minibus sont utilisés pour la desserte de zones périphériques. De plus, pour faciliter les échanges entre communes frontalières, des lignes ont été prolongées vers la Belgique et vice versa avec accords tarifaires.

Depuis 1991, des bornes d'appel permettent d'obtenir un taxi à la demande pour être conduit vers une station de métro. Avec un nouveau système d'appel à carte



Station terminale du tramway à "Gare Lille-Flandres".

magnétique et relié à une boîte vocale, le nombre d'utilisateurs a été multiplié par cinq.

### Un essai de biocarburant

Depuis mars 1994, 8 bus urbains fonctionnant au méthane circulent sur 2 lignes choisies en fonction de l'autonomie du véhicule (215 km, soit une journée de service).

Expérience originale puisque le méthane, connu pour réduire la pollution atmosphérique, est de production locale ; il provient de la station d'épuration de Marquette où le biogaz émane des boues traitées. Le montant de cette opération est de 7 MF, financés par la Communauté Urbaine de Lille (3 MF), le Conseil Général du Nord (1,5 MF), la Commission Européenne (1 MF), l'ADEME (1,5 MF).

### Le nouveau "Mongy" : description de la ligne

Le réseau de tramway, connu sous l'appellation de "Mongy", comprend une ligne à voie métrique de 19 km composée d'une part d'un tronçon commun entre "Gare Lille-Flandres" et "Croisé-Laroche" à Marcq-en-Barœul, et d'autre part de deux branches, l'une vers "Tourcoing Centre", l'autre vers "Eurotéléport" à Roubaix. 36 arrêts jalonnent la ligne : 9 sur le tronçon commun, 13 sur la branche de Tourcoing et

14 sur la branche de Roubaix. Venant de "Croisé-Laroche", le tramway a été dévié de son parcours initial, à hauteur du carrefour Pasteur. Un nouveau souterrain lui permet de traverser le site du Centre International d'Affaires Euralille et de desservir la gare TGV par la station "Gare Lille-Europe".

Le tramway rejoint ensuite son terminus "Gare Lille-Flandres", accolé à la station de métro. Ces deux stations mettent ainsi les voyageurs en liaison directe avec l'ensemble des autres modes de transport implantés dans le secteur des gares (TGV, TER, VAL, bus, cars, taxis). De par leur situation, elles permettent un accès facile au cœur d'Euralille. Situées à deux carrefours rou-

### CARACTERISTIQUES D'UNE RAME :

Longueur : 29,90 m  
Largeur : 2,40 m  
Hauteur du plancher : 350 mm  
Capacité en charge normale : 168 voyageurs dont 50 assis (4/m<sup>2</sup>) ;  
Capacité en charge maxi : 245 voyageurs dont 50 assis (6/m<sup>2</sup>)  
Masse à vide : 43 t  
Vitesse maxi : 70 km/h  
Aptitude à gravir des pentes de 6%  
Bogies monomoteur : 2 (soit 2x205 kW)



Transpole : Val, Bus, Tramway.

tiers délicats, les stations "Saint-Maur" et "Clemenceau" sont implantées en souterrain avec quai central. A l'entrée de Roubaix, le tramway circule désormais sur un site propre créé à hauteur du parc de Barbieux.

Les infrastructures de voies ont été changées : rail, traverses, fixations, caténaires et ballast ; la voie est encastrée aux carrefours et aux arrêts et ballastée sur le reste de la ligne.

Dans les stations, l'accessibilité pour les personnes à mobilité réduite a été particulièrement soignée : quais et plancher des voitures à même niveau, rampe d'accès ou ascenseur le cas échéant. Les quais de stations, longs de 32 m sur 2,50 m de large, sont équipés de bordures en marbre blanc rugueux à l'attention des malvoyants. Quatre carrés de marbre rose indiquent le positionnement des portes de la rame lorsqu'elle est à quai.

**Le nouveau matériel**

C'est sur un cahier des charges strict et rigoureux de la Communauté Urbaine de Lille et de SOFRETU que le matériel a été construit par la société italienne BREDA Construzioni Ferroviarie, mais assemblé dans les ateliers de Fives Cail Babcock, à Lille. Il est innovant à plus d'un titre : plancher bas intégral, structure modulaire tout en aluminium (châssis soudé et caisses boulonnées), normes anti-feu et anti-fumées adaptées à la circulation en tunnel, triple système de freinage (électrique avec récupération d'énergie, hydraulique et patins magnétiques pour le freinage d'urgence).

Les bogies moteurs asynchrones triphasés sont alimentés par du courant continu de 750 V via un onduleur. Quant aux bogies porteurs, situés aux articulations des voitures et équipés de vérins hydrauliques, ils maintiennent le plancher de la rame au niveau du quai en fonction de la charge.

Source : documents Transpole

**CONGRES UTP :  
ENTREPRISES SUR TOUTE LA LIGNE**

*Dans un paysage urbain en continuelles et profondes mutations, il est nécessaire d'affirmer, voire de réaffirmer, le rôle des entreprises dans l'organisation des transports publics urbains, départementaux et régionaux. Avec, en toile de fond, une constante préoccupation concernant la place qu'elles occupent dans l'aménagement du territoire.*

**L**e Président de l'UTP, Michel Cornil, a insisté sur l'indispensable permanence des efforts à accomplir pour répondre aux défis que pose aux entreprises de transports publics l'avenir des centres-villes face à l'usage de l'automobile, mais aussi le développement des banlieues de plus en plus éloignées où la voiture particulière règne quasiment sans partage.

Pour ce faire, les entreprises de transport s'engagent sur :

- la qualité, par un meilleur partage de la voirie procurant plus de rapidité, plus de régularité, plus de confort ;
- l'innovation technologique au service des clients, par la recherche d'énergies nouvelles moins polluantes, par la billétique et la télématique, par une amélioration des conditions physiques d'accès aux moyens de transport, etc. ;
- la compétitivité avec les autres modes de transport, par le souci de la performance économique dans un cadre définissant bien

les règles du jeu face à la concurrence qui s'étend désormais à l'Europe ;

- l'Europe justement, qui impose aux entreprises de transports publics et aux industriels de resserrer leurs liens pour mieux exporter leur savoir-faire.

**L'intermodalité à l'ordre du jour**

L'une des préoccupations majeures des congressistes de Tours fut l'intermodalité. Cette notion apparaît comme fondamentale pour assurer un service continu de qualité. Les barrières entre modes pénalisent encore trop et trop souvent les voyageurs. Il s'agit donc notamment de rechercher une meilleure utilisation des infrastructures existantes qui en développe l'intégration, un meilleur accueil et une optimisation des tarifications en vigueur. Dans ce cadre, on a beaucoup insisté sur l'indispensable harmonisation des compétences territoriales entre régions, départements, villes,

gage d'une bonne et bien comprise politique d'aménagement du territoire. Politique à laquelle les congressistes représentant les entreprises de transports publics regrettent qu'elles ne soient pas suffisamment associées à son élaboration.

Le ministre des Transports, Bernard Bosson, intervenant pour la deuxième année consécutive, a rappelé les grands axes de la politique des transports urbains qui s'articule autour d'une approche globale des transports, de l'intermodalité et de la modernisation des réseaux existants. Le ministre, après avoir émis l'avis que les transports publics n'avaient pas une bonne image de marque, a rappelé qu'il était contre un recours systématique aux investissements lourds et coûteux, leur préférant la valorisation et l'amélioration de l'existant. Il n'a d'ailleurs pas caché son intérêt pour le développement des sites propres ou des tramways, entraînant un meilleur partage de la voirie.



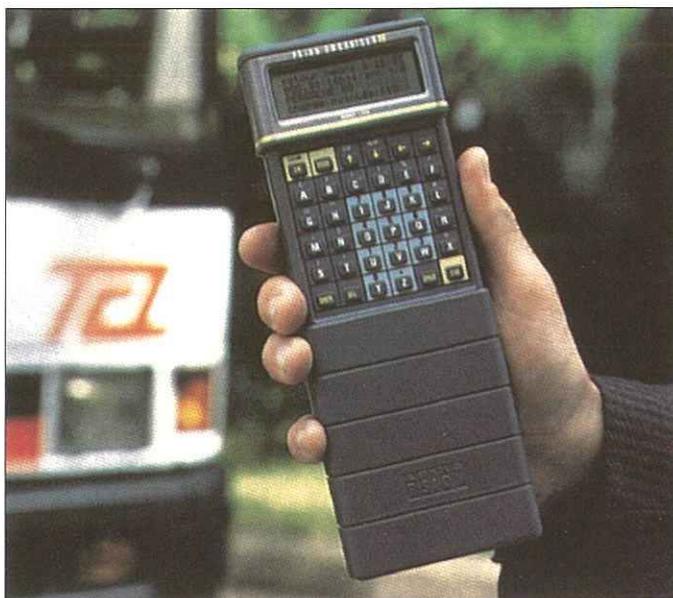
Tram Val-de-Seine : les transports en commun au service de l'aménagement du territoire régional.

RATP - ITA

### LYON : SUR LE RESEAU BUS, DES MINI-ORDINATEURS AU SERVICE DE LA QUALITE

En 1992, la Société Lyonnaise de Transport en Commun (TCL) a établi une Charte Qualité de service concernant les directions Opérations, Marketing, Ateliers, Services Techniques (métro/réseau de surface). Cette stratégie vise à reconquérir le public face à la concurrence de la voiture individuelle. La Charte Qualité a fait partie des propositions remises au SYTRAL (Syndicat mixte des Transports pour le Rhône et l'Agglomération Lyonnaise), autorité organisatrice, dans le cadre d'un appel d'offres pour l'exploitation du réseau lyonnais. Cette proposition a été retenue et incluse dans le cahier des charges du contrat liant le SYTRAL à TCL à compter du 1er janvier 1993. Dans ce contrat sont également définis des seuils minima de prestations en deçà desquels des pénalités pouvant représenter 1% du chiffre d'affaires de l'exploitant sont appliquées. Six points ont été retenus : respect de la production, de la ponctualité, disponibilité des équipements, propreté, information des voyageurs, taux de contrôle voyageurs.

Cela se traduit déjà sur le réseau des autobus par une application particulière. Ainsi, les 45 contrôleurs "qualité" de TCL disposent maintenant d'un ordinateur de poche "PSION" qui permet de mesurer précisément la ponctualité des 1 000 autobus en circulation. Il s'agit de connecter chaque matin l'ordinateur portable sur le micro ordinateur PC de l'unité de transport. Le contrôleur peut ainsi entrer les données précises concernant son secteur : heure théorique de passage à plusieurs arrêts pour une ou plusieurs lignes. Sur le terrain, il enregistre les heures réelles de passage ainsi



L'ordinateur de poche PSION.

que le taux de remplissage du véhicule. En fin de journée, "PSION" est de nouveau connecté au PC qui transmet alors les informations à la banque de données pour analyse. Cette dernière doit être en effet très précise, car, selon le cahier des charges défini avec le SYTRAL, l'écart sur le kilométrage produit en réseau de surface doit rester inférieur à 1%.

Source : Documents TCL et Transport Public (juil.-août 1994)

### SETE : UN RESEAU EN ETOILE



Il aura fallu neuf mois à Cariane pour présenter aux Sétouais un réseau de transports urbains entièrement rénové.

Un nouveau nom : La Sétoise des transports urbains ; de nouvelles couleurs, bleu, blanc, gris ; un nouveau logo, une étoile symbolisant la fin des lignes circulaires au profit des lignes radiales. En effet, cette ville portuaire de 45 000 habitants dispose ainsi de 5 lignes desservant tous les quartiers, alors que l'ancien réseau était entravé par les ponts levants. Une nouvelle ligne circulaire a cependant été créée en centre-ville sur laquelle circulent des minibus de 40 places. Dans certains cas, en fonction de la demande, La Sétoise mettra en service des véhicules adaptés : minibus, bus standard, ou taxis locaux. Une tarification horaire a été mise en place : un ticket à 5,50 F (3,80 F par dix). Les prévisions indiquent que le kilométrage annuel passera de 470 000 à 548 000. La municipalité discute actuellement avec l'État les modalités d'un contrat de ville de 27 MF sur trois ans pour contribuer notamment à moderniser les points d'arrêt du réseau.

Source : Transport Public, septembre 1994

### ORLEANS : 3615 SEMTAO

La SEMTAO, société de transport public d'Orléans, propose un service minitel mettant des plans à la disposition des voyageurs. Le 3615 SEMTAO utilise une banque de données entièrement réalisée en DAO. Cette banque de données visualise le plan du réseau dans son contexte urbain : rues, places, communes, quartiers, établissements publics, lignes, arrêts. Le nombre de connexions s'est nettement accru (+60%) en un an, et la durée de consultation a plus que doublé. Ce système permet notamment au client de connaître très précisément et en temps réel quelles lignes utiliser. A terme, la SEMTAO envisage d'implanter des bornes minitel sur la voie publique.

### NANTES : ACHEVEMENT DE LA 2<sup>e</sup> LIGNE DE TRAMWAY



Au début du mois de septembre, les Nantais ont assisté à la mise en service du quatrième et dernier tronçon de la seconde ligne de leur tramway. Longue de 13,8 km, cette ligne qui relie Nantes à Orvault aura coûté 1,5 milliard de francs. Avec cette seconde ligne, Nantes dispose du plus important réseau de tramway de France (26 km). Des études sont en cours pour la construction d'une troisième ligne nord-ouest/sud-ouest et le prolongement des lignes existantes. La SEMITAN a profité de cette mise en service pour améliorer le maillage de son réseau. La totalité des 54 lignes de bus est désormais connectée au réseau tramway.

Source : Transport Public, septembre 1994

# LONDRES : NOUVELLES RAMES POUR LA "CENTRAL LINE"



*L'une des plus anciennes lignes du métro de Londres - la "Central Line" - est désormais dotée de nouvelles rames équipées du pilotage automatique.*

Ouverte le 30 juillet 1900, la "Central Line" permettait déjà de traverser Londres d'est en ouest sur une longueur proche de 10 km. Elle desservait alors 11 stations depuis "Bank" jusqu'à "Shepherd's Bush".

En 1901, première année complète d'exploitation, 40 millions de voyageurs l'empruntèrent, ce qui reflétait son importance. Les premiers trains étaient tractés par des locomotives. C'est en 1903 que des rames électriques à unité multiple ont été mises en service, le courant étant alors fourni par un rail central. En 1938, avec l'apparition d'un deuxième rail de traction, les rames de 8 voitures sont désormais au gabarit du "Tube".

Après plusieurs prolongements, la longueur totale de la ligne pour



desservir 51 stations est aujourd'hui de 84,5 km depuis "West Ruislip" (nord-ouest) jusqu'à "Ongar" (nord-est), y compris une boucle qui passe par la station "Hainault". C'est sur cette boucle, au nord-est, que les premiers essais du pilotage automatique ont été réalisés en 1964.

De plus, au 1<sup>er</sup> avril 1994, le London Underground a repris à British Rail la "Waterloo & City Line", longue de 2,250 km reliant Waterloo Station à Bank,

dont l'exploitation dépend de la Central Line. C'est sur "Central Line" que l'on peut effectuer le plus long trajet du réseau sans changement (54,9 km).

### Le matériel

Pour répondre à l'accroissement de la demande au centre de la capitale (142 millions de voyageurs en 1993), il a été décidé de changer le matériel existant vieux de trente ans, construit en 1962 par Metro-Cammell de Birmingham.

Après des essais de prototypes en service normal, débutés en avril 1988 pour une durée de quinze mois, une commande de 85 rames pour un montant de 300 millions de livres (environ 2,5 milliards de francs) a été passée auprès d'ABB (ASEA BROWN BOVERI) en 1989.

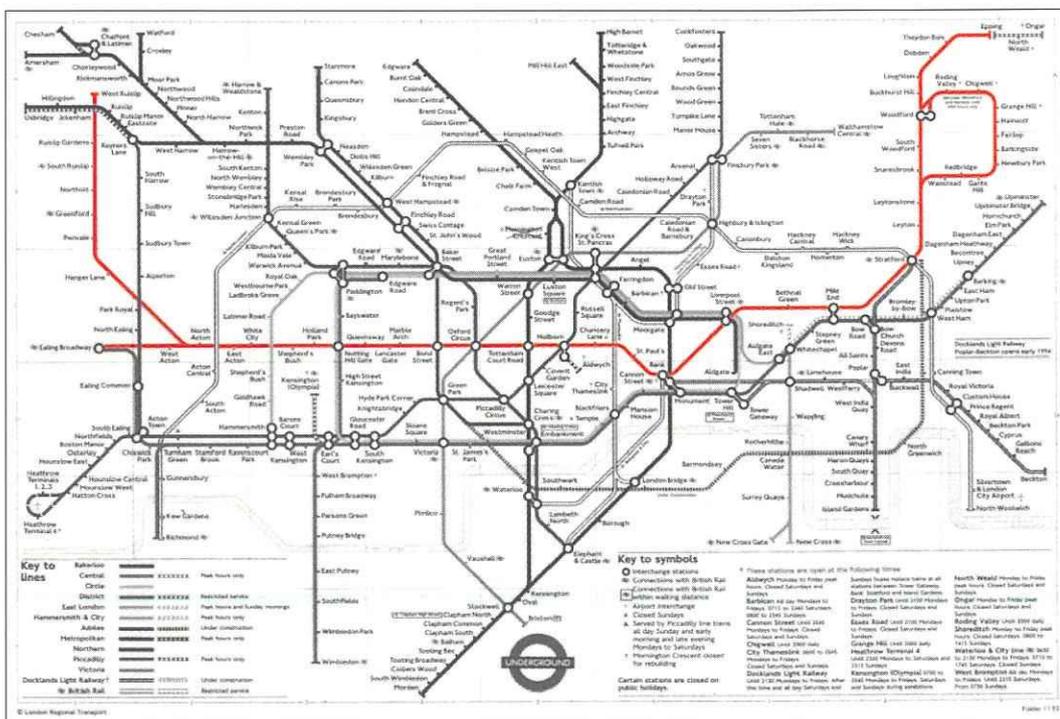
A la suite des premiers tests de contrôle dans l'atelier de Ruislip, les rames sont mises en service progressivement depuis le mois d'avril 1993. Dans cet atelier sont effectuées également les grandes révisions, l'entretien courant étant assuré par celui situé à Hainault.

Le nouveau matériel assure actuellement 70% du trafic ; la totalité doit être livrée en 1995. 20 voitures, soit deux rames et demie, ont été commandées en plus pour être affectées sur la "Waterloo & City Line".

Il existe quatre types de véhicules : automotrice (A), remorques (B ou C), voiture équipée pour le dégivrage des voies (D).

Chaque rame, apte à la vitesse de 100 km/h est composée de 4 éléments double (8 voitures), un élément double étant généralement formé de A+B ou B+C. Le courant de traction est du 600 V continu fournis par deux rails. Les voitures de type A et C sont munies de frotteurs pour permettre une alimentation électrique équilibrée tout le long de la rame. Le contrôle de la motricité, tous les essieux étant moteurs, est assuré par onduleurs de tension à thyristors GTO fournis par ABB. Chaque moteur de traction développe une puissance de 43 kW, ce qui porte à 1 376 kW la puissance d'une rame de 8 voitures.

Les autres contrôles, notamment pour faciliter la maintenance, sont effectués grâce à une informatique embarquée (fournie par Westinghouse Signals) qui a permis de réaliser un multiplexage et de réduire la longueur du câblage. L'atelier de Ruislip a dû être informatisé pour reprendre



## BERLIN : EXTENSIONS DES RESEAUX DE METRO ET DE RER

*Créé en 1929, le Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) exploite à Berlin les réseaux de métro urbain, d'autobus, de tramways et de bateaux. Depuis 1990, il gère le réseau de BVG qui était l'exploitant de la zone est. Une fusion complète des deux entreprises s'est opérée en 1992.*

### Le Métro (U-Bahn)

Ouvertes à partir de 1902, les 9 lignes du réseau de métro desservent maintenant 158 stations et, avant le début des travaux, totalisaient 134 km dont 9 km en voie aérienne. L'écartement des voies est de 1,435 m. L'alimentation en courant continu de 780 V se fait par un 3<sup>e</sup> rail. Le parc du matériel roulant comprend 1 636 voitures qui présentent la particularité d'avoir deux gabarits différents (2,30 m et 2,60 m).

Avec un trafic annuel de 472 millions de voyageurs, le métro berlinois assure 40% des déplacements et devrait connaître un accroissement de l'ordre de 20% en 2010.

En raison de la réunification des deux secteurs de la ville, de nombreux chantiers sont en cours. Ils concernent notamment des réouvertures de tronçons inexploités depuis des décennies, des prolongements de lignes pour

améliorer les correspondances avec le réseau régional (S-Bahn). Par ailleurs et d'une manière générale, toutes les stations de métro où l'arrêt n'était plus observé à Berlin-Est ont été réouvertes.

En juin 1994, le Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) a présenté la suite du programme d'extension de son réseau de transports collectifs. Il est prévu de créer des liaisons par le métro entre Berlin et ses deux principaux aéroports, Tegel et Schönefeld, et d'autres extensions sont envisagées vers la banlieue.

### Le RER (S-Bahn)

Quant au réseau régional exploité auparavant par les chemins de fer est-allemands, il a été repris par la DB (Chemins de fer allemands) au début de l'année 1994. La ligne de ceinture a été rétablie en fin d'année 1993 dans la partie ouest et la partie sud de l'agglomération ; une branche de



London Transport - Brian Hardy

à ce nouveau type de maintenance. Les bogies sont fournis par Kawasaki (Osaka). Le freinage électrodynamique est équipé d'un système de récupération de l'énergie.

Les caisses et les structures de plancher sont réalisées en aluminium soudé, ce qui les rend plus légères et moins chères que le matériel classique. L'extérieur a été peint aux couleurs du London Underground : rouge, blanc et bleu. Les rames sont dotées d'une suspension secondaire pneumatique, ce qui améliore nettement le confort.

L'accès dans les voitures est facilité par 4 doubles portes (1,664 m de large) et 4 simples (0,832 m de large), ce qui permet d'accélérer la montée et la descente des voyageurs. Les portes à air comprimé coulissent extérieurement le long du toit de la voiture et sont contrôlées depuis la cabine de conduite.

Une voiture offre 34 places assises réparties par groupe de 5 ou 6 le long des parois et 101 places debout. Une rame complète peut ainsi transporter 1 080 personnes en service normal. Les larges baies vitrées sont incurvées au niveau du toit. Des vitres à l'extrémité des voitures procurent aux voyageurs un plus grand sentiment de sécurité. De plus, les passagers peuvent entrer en communication avec le conducteur en cas d'urgence. L'annonce sonore des stations est assurée par une voix de synthèse.

Pour améliorer la sécurité sur les quais, la cabine de conduite

est équipée d'un circuit intérieur de vidéosurveillance mis au point par SIEMENS et de la radiotéléphonie. L'ergonomie de la cabine a été particulièrement soignée ; de plus, un écran de diagnostic et un clavier permettent au conducteur de déceler certaines anomalies.

Chaque voiture comporte six éléments de ventilation à air pulsé car les larges baies vitrées, notamment au niveau du plafond de la voiture, provoquent des variations de température importantes en fonction de la saison. Les ouïes d'aération pour l'air frais sont au-dessus des fenêtres et l'arrivée d'air chaud est derrière les sièges.

L'éclairage intérieur est diffusé par des rampes fluorescentes situées au centre du plafond et par les panneaux indiquant l'itinéraire ou par les supports publicitaires.

Ce matériel étant équipé d'un pilotage automatique, il a fallu procéder à la rénovation complète de la signalisation de la ligne (environ 400 MF). L'augmentation de la vitesse des rames a permis un gain de 17% sur le temps de trajet de bout en bout de la ligne : celui-ci a pu être ramené de 145 min à 120 min.

Le montant de l'ensemble des opérations de modernisation portant sur le renouvellement du matériel et sur l'amélioration de la signalisation est de 750 millions de livres (environ 6,4 milliards de francs).

Source : Documents London Transport et ABB



La ligne 1 du métro de Berlin.

J. Tricore

**LE PROGRAMME "U-BAHN 2000"**

Un programme de modernisation du métro, dénommé "U-Bahn 2000", a été décidé par BVG en 1992. Il porte essentiellement sur :

- un nouveau matériel plus confortable avec intercirculation et apte à la mise en place du pilotage automatique et dont la maintenance sera assurée directement par le constructeur ;
- une plus grande sécurité et un meilleur service, par la mise en place du pilotage automatique, l'aménagement des stations et l'information aux voyageurs.

D'autre part, des accords ont été passés avec plusieurs communes environnantes pour mettre en place une communauté tarifaire grâce à la création d'un Syndicat de transport en 1997.

cette ligne a son terminus à l'aéroport de Berlin-Schönefeld. Le coût global de cette réhabilitation a été de 700 millions DM (environ 2,45 MMF). Les travaux de remise en état de la partie nord de la ceinture sont en cours et la mise en service est prévue pour 1997. Le bouclage à l'est doit être achevé avant l'an 2000. Le coût de cette opération est estimé à 8 MMF. BVG espère prolonger la ligne U7 vers Schönefeld au début du siècle prochain, mais les autres projets attendent leur financement.

Source : *Railway Gazette International* (août 1994)

**LOS ANGELES : MATERIEL BRED A POUR LA "RED LINE"**

Le "Los Angeles County MTA" (exploitant des transports en commun) a confirmé son option auprès de Breda Costruzioni Ferroviaria concernant l'achat de 42 voitures supplémentaires pour la ligne de métro "Red Line"

(voir SF 4/92). Afin de satisfaire aux exigences de la normalisation américaine, les voitures seront assemblées dans le New Jersey.

Cette commande, d'un montant de 86,6 millions de dollars (476,3 MF) permettra de répondre à la demande supplémentaire consécutive au prolongement de la ligne vers "Hollywood Boulevard" en 1998.

*Railway Gazette International*, juil. 1994

**BUCAREST : EXTENSION DU METRO**

La direction du métro de Bucarest a présenté un programme d'extension de 94 km. Le tracé comporte des parties souterraines ainsi que la reprise de voies existantes. Le prolongement le plus important concerne la ligne 2 au nord de l'agglomération et qui s'étendra sur 40 km en direction de la zone touristique de Snagov en desservant au passage l'aéroport d'Otopeni.

*Railway Gazette International*, juil. 1994

**MEXICO : UNE 9<sup>e</sup> LIGNE DE METRO**

La neuvième ligne du métro de Mexico a été ouverte le 20 juillet 1994. Reliant le centre au sud-est de la ville, cette ligne porte l'indice 8 et totalise 20 km, ce qui conduit la longueur de l'ensemble du réseau à 178 km. La fréquentation prévue à court terme est de 250 000 voyageurs/jour et de 660 000 à moyen terme.

Les trois quarts de la ligne qui est en correspondance avec les lignes 1, 2, 4 et 9 sont en souterrain. La construction a été réalisée en trois ans par SOFRETU avec COVITUR. Cette ligne est la deuxième de Mexico à être équipée de SACEM. Le matériel sur pneus MP 82 provient d'autres lignes après avoir été modernisé par son constructeur GEC-Alsthom.

*International Railway Journal*, septembre 1994

Les deux numéros d'été de la Revue Générale des Chemins de Fer sont consacrés au TGV :

- Juin / Juillet 1994 :

- "LES INTERCONNEXIONS DU TGV"

- Août / septembre 1994 :

- "D'OÙ VIENS-TU TGV ?"

UNE HISTOIRE DU TGV

par Jean-François Picard et Alain Beltran

**DEMANDE D'ABONNEMENT A LA REVUE "RATP SAVOIR-FAIRE"**

NOM : .....

PRÉNOM : .....

ENTREPRISE OU ORGANISME : .....

ADRESSE : .....

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

1995 : 200 FRF (France et étranger)

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

Elle est à renvoyer à l'adresse suivante :

**RATP**

Département de la Communication Publique

Médiathèque - Revue "Savoir - Faire"

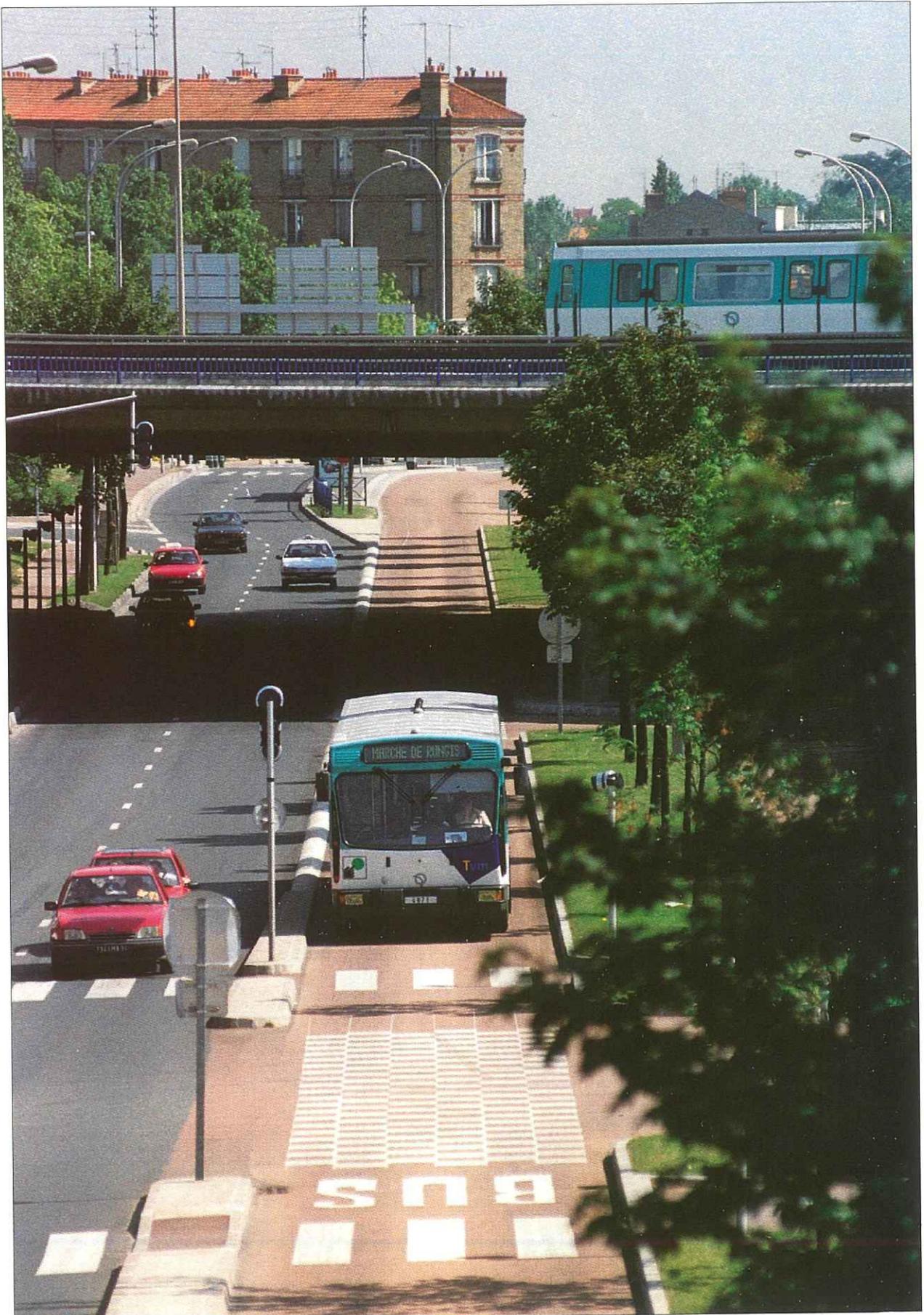
8, avenue des Minimes

F 94300 VINCENNES

Date : .....

Signature :

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



**CONTRAT DE PLAN ETAT-RÉGION (1994-1998) : 11,6 MILLIARDS DE FRANCS POUR LES TRANSPORTS EN COMMUN.**

*G. DUMAY - RATP - COM/AV*

B
RER
B

## P A R I R E R

Chaque jour, nous nous engageons à :

- 
vous garantir des gares et des trains régulièrement entretenus.
- 
vous réserver un bon accueil et vous renseigner.
- 
vous communiquer et respecter les horaires et destinations des trains.
- 
vous informer utilement lors des perturbations.

L'équipe ligne B



## Démarche Qualité

# la ligne B l'affiche

B
RER
B

## L'ÉQUIPE LIGNE B



Avec vous tous les jours



B
RER
B

### BAROMÈTRE DES RÉSULTATS LIGNE B AUTOMNE 1994

Comparaison avec le PRINTEMPS 1994

<p><b>Propreté</b></p>  <p>% des gares et des trains régulièrement entretenus</p> <table border="0"> <tr> <td style="text-align: left;">Printemps 69%</td> <td style="font-size: 2em;">↓</td> <td style="text-align: right;">Automne 67%</td> </tr> </table> <p style="background-color: #008000; color: white; padding: 2px;">à améliorer</p>	Printemps 69%	↓	Automne 67%	<p><b>Accueil</b></p>  <p>% de voyageurs satisfaits</p> <table border="0"> <tr> <td style="text-align: left;">Printemps 71%</td> <td style="font-size: 2em;">↑</td> <td style="text-align: right;">Automne 72%</td> </tr> </table> <p style="background-color: #FFD700; color: white; padding: 2px;">à continuer</p>	Printemps 71%	↑	Automne 72%
Printemps 69%	↓	Automne 67%					
Printemps 71%	↑	Automne 72%					
<p><b>Régularité</b></p>  <p>% de trains à l'heure</p> <table border="0"> <tr> <td style="text-align: left;">Printemps 94%</td> <td style="font-size: 2em;">↓</td> <td style="text-align: right;">Automne 92%</td> </tr> </table> <p style="background-color: #0000FF; color: white; padding: 2px;">à corriger</p>	Printemps 94%	↓	Automne 92%	<p><b>Information</b></p>  <p>% de voyageurs satisfaits</p> <table border="0"> <tr> <td style="text-align: left;">Printemps 61%</td> <td style="font-size: 2em;">↑</td> <td style="text-align: right;">Automne 62%</td> </tr> </table> <p style="background-color: #FF8C00; color: white; padding: 2px;">à continuer</p>	Printemps 61%	↑	Automne 62%
Printemps 94%	↓	Automne 92%					
Printemps 61%	↑	Automne 62%					

